



Master Design Global
2008-2009

SPECIALITE

Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis

Modélisation thermique des bâtiments : Evaluation des principaux critères architecturaux sur la qualité thermique des bâtiments

Etudiant: KHECHAREM Aymen

Encadré par: Gilles Duchanois



Remerciements

Je tiens à remercier vivement Jean Philippe Donzé, architecte et directeur de l'agence Mil Lieux, de m'avoir accueilli au sein de son agence d'architecture. Je le remercie pour avoir suivi et dirigé ce travail.

J'exprime toute ma gratitude à Gilles Duchanois, enseignant chercheur à l'école d'architecture de Nancy, pour avoir accepté d'être rapporteur de ce travail et pour l'honneur qu'il me fait en participant au jury.

Mes remerciements s'adressent également à tout le personnel de l'agence Mil-Lieux et de laboratoire CRAI, que j'ai été amené à côtoyer durant le stage.

Finalement, mes remerciements les plus distingués et mes sentiments les plus sincères à ma famille et spécialement mes parents pour tous les efforts qu'ils ont fait pour me procurer le meilleur!

Ma bien aimée qui était toujours présente à mes cotés !

Et à tous ceux qui m'ont aidé à élaborer ce travail, pour leurs soutiens leurs encouragements.



Sommaire

Introduction	3
Problématique	5
Chapitre 1 Etat de l'Art De La Modélisation Thermique Des Bâtiments :	7
1. Le Contexte	7
1.1. La Règlementation Française.....	7
1.2. Les Labels.....	8
2. Etat de l'Art Des Technologies Et Les Outils de Simulation Thermiques :	9
2.1. Les paramètres du confort thermique :.....	9
2.2. Les Enveloppes.....	10
3. La Simulation Dynamique, Un Outil d'Aide à la Conception	11
3.1. Les Outils De Simulations :.....	11
3.1.1. Principes d'une simulation thermique dynamique :.....	12
3.1.2. Objectifs :.....	13
3.1.3. Avantages :.....	13
3.1.4. Méthodologie de la Simulation Thermique Dynamique :.....	14
3.2. Quelques logiciels de simulation thermique dynamique :.....	15
3.2.1. TRNSYS (TRaNsient SYstem Simulation).....	15
3.2.2. TAS (Thermal Analysis Software).....	16
3.2.3. COMFIE-PLÉIADES.....	18
3.2.4. Comparaison entre les différents types de logiciels.....	22
Chapitre 2 La pertinence des simplifications adoptées sur les phases d'esquisse et Les effets majeurs des modèles retenus	
1. Description du cas d'études.....	23
2. Méthodologie de travail.....	24
2.1. L'Etude d'avancement de différentes phases d'esquisses.....	24
2.2. L'Etude au niveau de la phase de conception.....	24
2.3. La Simplification du projet vers l'esquisse.....	24
3. Méthode de simplification et résultats.....	25
3.1. Etude avec un point de vue formel.....	25
3.2. Etude avec un regard thermique.....	25
3.2.1. L'espace : qualité et usage.....	25
3.2.1.1. L'importance du zonage thermique.....	25
3.2.1.2. Les parois.....	26



3.2.1.3.	La ventilation des locaux.....	27
3.2.2.	Les façades : Conception et comportement.....	28
3.2.2.1.	Les masques.....	29
3.2.2.2.	L'occultation, une solution aussi à tenir compte.....	30
3.2.2.3.	Les usagers et les équipements.....	31
3.3.	Assure le confort à l'inférieur du bâtiment.....	31
1.1.1.	Concernant le confort d'hiver.....	32
1.1.2.	Concernant le confort d'été.....	32

Chapitre 3 L'Impact des choix Architecturaux et environnementaux sur la qualité thermique du bâtiment.

1.	Les notions imposées.....	34
1.1.	Les Conditions Climatiques.....	34
1.2.	Les apports internes.....	35
2.	Les notions d'actions.....	35
2.1.	Les dispositions constructives.....	35
2.1.1.	L'orientation.....	35
2.1.2.	Les protections solaires.....	37
2.1.3.	L'isolation des Parois Opaques.....	39
2.1.4.	L'isolation des parois vitrées.....	48
2.1.5.	La volumétrie.....	52
2.2.	Les équipements techniques.....	54
2.2.1.	La ventilation :.....	54
2.2.2.	La toiture végétale.....	56

Conclusion.....	59
------------------------	-----------

Illustrations.....	61
---------------------------	-----------

Bibliographie.....	63
---------------------------	-----------

Annexes.....	64
---------------------	-----------



Introduction

Connaissez-vous l'impact environnemental des bâtiments ?

Il est énorme!

Quarante pourcents de l'énergie consommée sont utilisés dans les bâtiments et, comme on le sait probablement, la consommation d'énergie est l'une des causes principales des émissions de gaz à effet de serre. Si nous pouvons améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments dans lesquels nous vivons, travaillons et étudions, nous pouvons faire un grand pas dans la lutte contre le réchauffement climatique.

La question de l'efficacité énergétique des bâtiments pose un double défi : rénover des bâtiments existants et construire de nouveaux bâtiments conformes.

Le retour aux systèmes d'amélioration et de corrections des bâtiments est devenu de plus en plus coûteux. Il était utile de prendre toutes les précautions en phase de conception, et produire un projet qui répond à nos attentes soit au niveau de consommation, soit au niveau du confort thermique et des ambiances intérieures.



La thermique du bâtiment est un domaine complexe. De plus, le confort thermique constitue une demande reconnue et justifiée dans les bâtiments du fait de son impact sur la qualité des ambiances intérieures, la santé et la productivité de l'occupant qui passe les trois quarts de son temps à l'intérieur.

Cette demande est soutenue par des normes et des réglementations qui permettent d'assurer la conformité des ambiances intérieures aux exigences du confort thermique. Or, la recherche des ambiances thermiques intérieures (uniformes et confortables) conformes aux normes, tout au long de l'année et sans tenir compte des particularités du climat, du site, des bâtiments...est accompagnée par une multiplication des installations climatiques, entraînant ainsi de fortes consommations d'énergie.

La question qui se pose par rapport à ces fortes consommations : **Comment le comportement environnemental des bâtiments impose d'appréhender les bons scénarios énergétiques dès le début de la phase de conception ?**

Pour répondre à cette question, une étude sera faite sur un ensemble de thèmes en relation directe avec la question posée, ainsi que le rôle important de la simulation thermique dynamique.

Le but est de qualifier les différents choix architecturaux sur la qualité thermique du bâtiment en phase d'esquisse.

Cette étude permettra peut être de façonner une propre vision et de trouver des solutions pour bâtir de meilleurs bâtiments à l'avenir.



Problématique

Aujourd'hui, les bâtiments jouent un rôle de filtre thermique qui permet de recréer son propre microclimat intérieur indépendant du climat extérieur. Plusieurs paramètres agissent sur les caractéristiques de ce filtre dont on cite la forme du bâtiment, son orientation, ses éléments constructifs et les aménagements intérieurs.

Les ambiances intérieures ne répondant pas toujours aux exigences du confort des usagers. Ce qui conduit à l'utilisation des moyens de corrections et d'amélioration du confort et aussi une surélévation au niveau de la consommation d'énergie.

Le souci de rationaliser le recours à des surconsommations d'énergie et de concevoir des bâtiments plus confortables, amener les différents acteurs du processus de conception et de gestion des bâtiments à chercher et à en mieux connaître et maîtriser le comportement de ces espaces. Pour cela l'intégration de la simulation thermique dynamique est devenue utile dans des étapes de conception moins avancées, a permis aux maîtres d'œuvres de prendre les décisions fondamentales concernant leurs choix environnementaux et architecturaux.



Les réflexions sur la composition des parois de l'enveloppe, la compacité du volume chauffé, l'emplacement, l'orientation et la taille des ouvertures doivent être menées dès le stade de l'esquisse. En effet, l'importance de ces paramètres est telle qu'une prise en compte tardive mène à des solutions coûteuses et peu réalistes et qu'à l'inverse. Plus ces considérations sont prises en compte tôt, plus le projet peut être de très bonne qualité thermique, performant, cohérent et économique.

Quelles sont les critères architecturaux et environnementaux à prendre en phase d'esquisse et quel est leurs impacts sur la qualité thermique du bâtiment ?



Chapitre 1 Etat de l'Art De La Modélisation Thermique Des Bâtiments :

1. Le Contexte

1.1. La Réglementation Française

Aujourd'hui, le bâtiment émet 120 millions de tonnes équivalent CO₂ par an soit 25% des émissions nationales et consomme 70 millions de TEP par an soit 43 % de l'énergie globale consommée. Avec le Plan Climat 2004 et la Loi d'Orientation de la Politique Energétique de 2005, la France s'est engagée à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. C'est pourquoi, la Réglementation Thermique 2000 est aujourd'hui remplacée par la RT 2005 qui s'inscrit totalement dans la continuité de la précédente réglementation.

Ainsi, la RT 2005 présente les nouveautés majeures suivantes :

- Une consommation d'énergie (énergie primaire) exprimée en kWh/m².an (et non plus en kWh/an), le m² étant le m² de SHON. Cette exigence facilitera la comparaison des bâtiments entre eux.
- Une limitation de la consommation d'énergie (Cep max) dans le secteur résidentiel pour les consommations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire définie selon la zone climatique et le type d'énergie.
- La redéfinition des zones climatiques.
- Une valorisation des énergies renouvelables (chaudières bois, capteurs solaires, pompe à chaleur, ...)
- Une valorisation de la conception bioclimatique (apports solaires, protection solaire, orientation, ...)
- la valorisation de l'étanchéité à l'air (par le respect d'une procédure spécifique)
- la prise en compte de la consommation due aux éclairages même en maison individuelle.
- la mise en place d'un système de contrôle.

Similaire à la RT 2000 dans sa structure, la réglementation RT 2005 impose toujours 3 exigences :

- **La Consommation d'énergie primaire "Cep" (en kWh/m².an)** d'un bâtiment (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage, refroidissement) doit être inférieure à celle du même bâtiment ayant des caractéristiques thermiques de référence en matière d'isolation, de système de chauffage, de système de ventilation, ...



Cette exigence est complétée par une consommation d'énergie maximale à ne pas dépasser (Cepmax) qui diffère selon le type d'énergie et les zones climatiques. Ce nouveau coefficient est défini uniquement pour les bâtiments résidentiels.

- La Température intérieure "Tic" d'un bâtiment, en été, doit être inférieure à celle du même bâtiment ayant des caractéristiques thermiques de référence.

-**Garde-fou** : Les parois et les équipements doivent présenter des caractéristiques minimales ce qui signifie que les produits ou systèmes ne respectant pas ces performances minimales ne peuvent être ni prescrits ni posés.

Afin d'atteindre l'objectif de renforcement de 15%, les exigences sur l'enveloppe du bâtiment ont été renforcées de :

-10% environ sur les parois en partie courante.

-20% environ sur les ponts thermiques.

1.2. Les Labels

Le Label Performance concerne les logements neufs individuels ou groupés et s'inscrit dans une démarche de développement durable. Ce label valorise tout particulièrement les équipements et les solutions techniques qui contribuent à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il se décline en 5 niveaux de performance :

- **3 labels axés sur la performance énergétique uniquement :**

- HPE (haute performance énergétique)

Le niveau HPE concerne les constructions dont les consommations énergétiques conventionnelles sont **au moins inférieures de 10 %** à la consommation de référence.

- THPE (très haute performance énergétique)

Le niveau THPE s'applique aux constructions dont les consommations énergétiques conventionnelles sont **au moins inférieures de 20 %** à la consommation de référence.

- BBC (bâtiment basse consommation)

Le niveau BBC est attribué aux bâtiments de logements neufs consommant au maximum **50 kWh_{ep}/m²** par an (à ajuster d'un facteur 0,8 à 1,5 selon l'altitude et la zone climatique). Il impose de contrôler la perméabilité à l'air de la construction dans le but d'augmenter la qualité de votre logement.



▪ **2 labels incitant en complément à l'utilisation d'énergies :**

HPE EnR (haute performance énergétique énergies renouvelables)

Le niveau HPE EnR s'adresse aux bâtiments respectant les exigences du niveau HPE et **dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation biomasse** ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables.

THPE EnR (très haute performance énergétique énergies renouvelables)

Le niveau THPE EnR a pour objectif **un gain d'au moins 30 %** par rapport à la consommation de référence. Les constructions concernées devront également utiliser des énergies renouvelables comme la biomasse, le solaire thermique ou photovoltaïque (pompes à chaleur incluses).

▪ **Les Avantages Du Label Performance**

-Il assure au demandeur un suivi de la qualité de la réalisation de sa construction en mettant l'accent sur les équipements de gestion de chauffage et de pilotage des installations ainsi le Label Performance répond aux préoccupations actuelles d'économies d'énergie.

-Il couvre aussi bien les énergies électrique, gaz (gaz naturel et GPL) et renouvelables, telles que les pompes à chaleur, le solaire et le bois (le solaire et le bois sont utilisés uniquement en maison individuelle).

-Orienté vers la qualité thermique, le Label Performance dépasse les exigences de la RT 2005 puisque son niveau d'entrée est équivalent à la mention "HPE 2005"

(C réf -10 %). Cette démarche volontaire permet aux professionnels d'anticiper les réglementations thermiques ultérieures et de s'y préparer.

2. Etat de l'Art Des Technologies Et Les Outils de Simulation Thermiques :

2.1. Les paramètres du confort thermique :

Le confort thermique est probablement l'un des éléments venant le plus vite à l'esprit lorsque l'on pense au confort dans un bâtiment. Assurer une sensation de chaleur en hiver et préserver des surchauffes en été est, depuis longtemps, un souci majeur pour les architectes et bureaux d'études. Mais le confort thermique est quelque chose qu'il n'est pas facile de la définir, et donc d'assurer, et qui n'est pas limité à la température.

Les principaux paramètres physiques qui régissent la sensation de confort thermique sont :

- La température
- La vitesse de l'air



-L'humidité

Pour créer les conditions du confort thermique, on est obligé d'avoir recours au chauffage et à la climatisation. Aussi on doit maîtriser les mouvements d'air ainsi que l'évacuation de l'humidité.

2.2. Les Enveloppes

L'analyse des études sur la conception des bâtiments à basse consommation d'énergie montre la tendance à réduire les besoins en chaud et en froid à travers une optimisation de l'enveloppe.

Parois opaques : Les deux caractéristiques primordiales agissant sur les besoins de chauffage sont l'isolation thermique (ponts thermiques inclus) et l'étanchéité à l'air. En utilisant les matériaux isolants disponibles, la voie la plus directe pour renforcer l'isolation thermique est l'augmentation de l'épaisseur. C'est la solution préconisée dans les labels.

Pour traiter les ponts thermiques, trois procédés se dégagent :

- l'isolation thermique par l'extérieur
- l'utilisation de rupteurs de ponts thermiques
- les structures à ossature bois, surtout utilisées pour les maisons individuelles.

Le point critique reste la rénovation dans les cas où l'isolation par l'extérieur n'est pas possible. Pour répondre à ce défi, un effort important est fait, par exemple en Suisse et en Allemagne, pour développer des isolants "sous-vide" à très haute performance et de faible épaisseur.

Etanchéité à l'air : un effort tout particulier est porté sur l'étanchéité à l'air, afin d'éviter les pertes de chaleur dues aux infiltrations d'air. Pour les labels une valeur maximale de 0,6 vol/h sous 50 Pa est imposée.

Parois transparentes : Afin de réduire les besoins de chauffage, les performances thermiques des parois transparentes doivent être améliorées.

Protection solaire : Afin de réduire les apports solaires en période estivale, une protection solaire (store, brise-soleil ...) doit être associée à toutes les fenêtres. Ceci permet d'une part de réduire les apports solaires et la puissance nécessaire au refroidissement, et d'autre part d'assurer un bon confort visuel en évitant l'éblouissement.

Inertie thermique : La plupart des bâtiments modernes présentent souvent des structures légères avec une faible inertie thermique et des enveloppes parfois sur-vitrées qui engendrent des apports solaires trop importants. En période estivale, ces apports solaires



associés aux gains internes peuvent provoquer une surchauffe dans le bâtiment et donc un inconfort.

L'inertie thermique a un rôle important pour obtenir un bon confort dans le bâtiment :

- Limiter l'inconfort dû aux variations de température dans l'habitat.
- Eliminer l'utilisation de climatisation ou réduit l'usage de celle-ci
- Réduire les consommations de chauffage

Ventilation : La ventilation est bien souvent une source de déperditions thermiques importantes : trop de renouvellement d'air dans un bâtiment peu conduire à des surconsommations de l'ordre de 30%.

Optimisation de la ventilation : consiste à déterminer si votre système est source de déperdition de chaleur pour l'hiver et si celui-ci n'augmente pas les surchauffes d'été.

Une bonne ventilation limitera les déperditions thermique, et bien utilisé elle participera au rafraîchissement de la maison.

Système de ventilation	Locaux de travail (bureaux, atelier) ou de vie (séjours, chambres)	Locaux humides (sanitaires, vestiaires, salles de bain, cuisine,...)
Ventilation naturelle	Amenée d'air, par exemple par des grilles réglables dans les menuiseries.	Evacuation par des cheminées verticales.
Ventilation simple flux par extraction mécanique	Amenée d'air par des grilles réglables (dans les menuiseries).	Extraction mécanique.
Ventilation double flux	Pulsion mécanique.	Extraction mécanique

Fig 01 : Différences entre les différents systèmes de ventilation

3. La Simulation Dynamique, Un Outil d'Aide à la Conception

La simulation thermique dynamique permet de faire « vivre virtuellement » le bâtiment sur une année entière, afin d'étudier son comportement prévisionnel pour des résultats proches de la réalité.

3.1. Les Outils De Simulations :

Aujourd'hui, il est devenu indispensable, pour concevoir des bâtiments neufs ou les rénover en haute performance énergétique, le recours aux outils de simulations.

L'outil de simulation thermique dynamique (STD), permet de modéliser les bâtiments et de mesurer l'impact de chaque paramètre de la construction sur le niveau de la performance énergétique du bâti. Des filières de formations sont en train de se



mettre en place intégrant la manipulation de cet outil devenant indispensable à tout bureau d'étude thermique ou même cabinet d'architecture HQE.

Elle peut être utilisée en phase APS (avant projet sommaire), c'est même à ce moment là qu'elle a une véritable utilité. A partir des premières esquisses, les simulations peuvent accompagner la suite de la conception d'un bâtiment dans le but de lui donner la meilleure aptitude naturelle.

Le Thermique fait alors partie intégrante de la phase de conception. Cette coopération permet la réalisation de bâtiment dont les fonctions thermiques sont fondues dans son architecture. De plus, lorsque ce travail est mené en phase APS, il est facile par la suite d'amener le bâtiment vers une performance thermique effective.

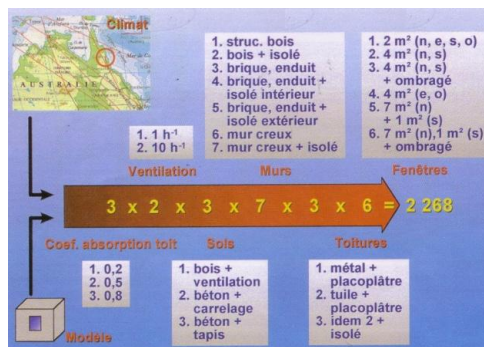


Fig 02 : Schéma combinatoire d'un calcul de simulations thermiques

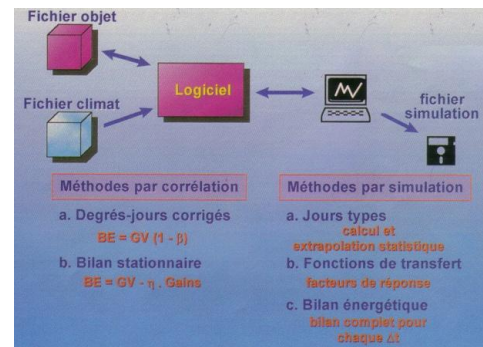


Fig 03 : Méthodes de calcul des logiciels de détermination des données thermiques

Guide de l'architecture bioclimatique : cours fondamental : tome 2 construire avec le climat

3.1.1. Principes d'une simulation thermique dynamique :

On construit et on modélise le bâtiment sous un logiciel de simulation, puis on analyse ses interactions avec son environnement au pas de temps horaire tout au long de l'année, avec des données météo locales, en fonction de ses paramètres et de ses matériaux de construction.

Paramètre d'entrée : (modélisation du bâtiment et hypothèses d'usage)

Structure : orientation, isolation, vitrages, protection solaires, masques, ...

Equipements : systèmes de production d'énergie, ventilation...

Intérieurs : occupation, usage, consigne, apports gratuits des équipements,

Extérieurs : température, course du soleil, vents, données météo locales, ...

Paramètre de sortie : (résultats de l'étude)

-Evolution des températures une heure par heure pour chaque zone du bâtiment.

-Puissance de chauffage ou de froid nécessaire.

-Consommation annuelle des équipements.



3.1.2. Objectifs :

- A partir de ces résultats, cet outil permet de faire une étude de faisabilité technique tout en comparant, entre elles, les différentes solutions techniques à mettre en œuvre sur une construction (enveloppe, isolations, traitement des ponts thermiques, ventilation,.....)
- Il permet de localiser très précisément les déperditions énergétiques, de préconiser des solutions de travaux pour y remédier et de chiffrer des économies d'énergie.
- Il permet de tirer des conclusions avec des marges d'erreur qui peuvent être extrêmement réduites.

3.1.3. Avantages :

- Prise en compte de l'inertie thermique du bâtiment (capacité des murs à stocker et déstocker de l'énergie).
- Calcul du bilan thermique heure par heure.
- Meilleure représentation du confort d'été, des besoins réels de chauffage.
- Les apports gratuits en hiver sont modélisables donc optimisés.
- Les surchauffes estivales peuvent être évitées.
- On obtient le détail des pertes de l'enveloppe et les consommations par système de ventilation, chauffage, refroidissement....
- Il permette de s'affranchir de l'inconnue concernant l'occupation, pour se concentrer plutôt sur le bâti.
- Ils permettent l'étude de confort d'été et mi-saison (températures atteintes après une semaine chaude).



3.1.4. Méthodologie de la Simulation Thermique Dynamique :

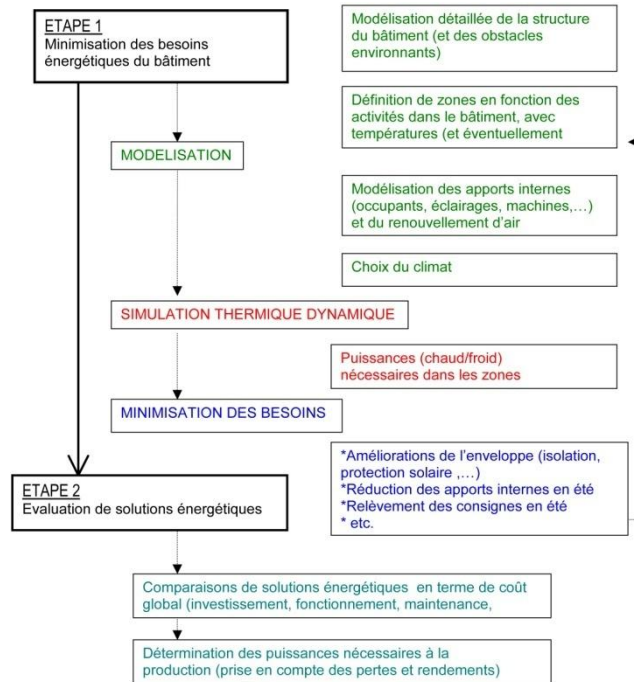


Fig 04 : Méthodologie de la simulation thermique dynamique
<http://www.aireo-energies.fr/>

Plus concrètement, La simulation apporte 3 types de réponse :

- Elle permet de viser un objectif de performance énergétique : Bâtiment Basse Conso ou Maison Passive,..... En dessous de 50kWh/m².an, la simulation dynamique est nécessaire, car pour atteindre ces performances, le bâtiment doit avoir un comportement thermique "équilibré" : entre apports solaires, inertie et isolation.
- Elle permet de faire un choix entre plusieurs techniques constructives tout en garantissant un bon comportement thermique. Par exemples : plancher bois ou dalle, double ou triple vitrage. La simulation apporte son point de vue thermique pour une meilleure approche esthétique ou financière.
- Elle permet d'optimiser le confort d'été. Pour cela, les fichiers météo sont légèrement exagérés (15 à 25%), pour simuler des situations extrêmes d'été. Si le bâtiment, assure une température naturelle (sans clim') inférieure à 27°C ou de 6 à 8° en moins par rapport à l'extérieur, alors la sensation de confort sera assurée.



3.2. Quelques logiciels de simulation thermique dynamique :

3.2.1. TRNSYS (TRaNsient SYstem Simulation)

(Programme de simulation de systèmes transitoires)

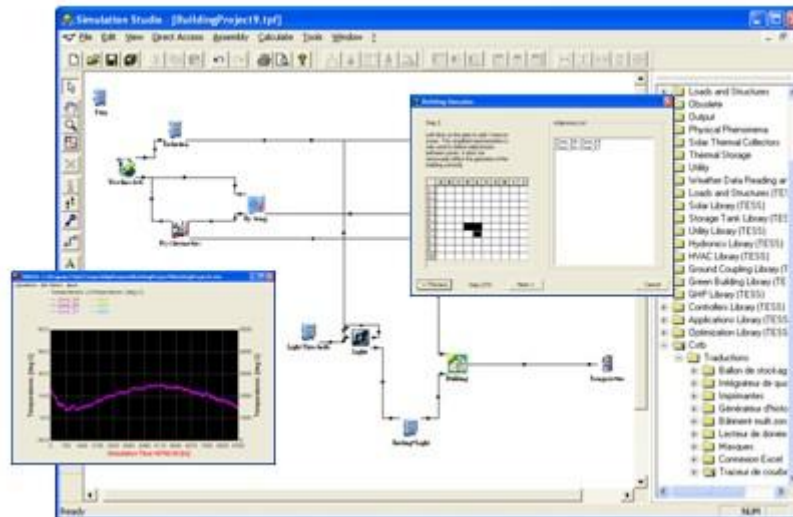


Fig 05 : Interface du logiciel TRNYS

- TRNSYS est un logiciel de simulation dynamique, il permet le calcul des performances techniques : des bâtiments mono ou multizones des équipements thermiques des systèmes thermiques.
Ces simulations peuvent être couplées avec les conditions météorologiques, les scénarios d'occupation l'utilisation de différentes formes d'énergie.
- TRNSYS évalue le niveau de confort thermique d'un bâtiment par rapport à son environnement climatique et le choix opéré sur son système thermique (type de chauffage, niveau d'isolation, orientation des pièces...).
- TRNSYS évalue des systèmes de chauffage et de climatisation des plus simples au plus complexes, comme les systèmes solaires innovants, grâce à une bibliothèque de 50 familles de composants.

Données introduites :

Description du bâtiment et données météo (fournies avec le programme pour certaines villes), description des éléments du système thermique et de leur fonctionnement. Des liens existent avec certains programmes de dessin pour faciliter la saisie des données décrivant le bâtiment (notamment IISiBat).



Résultats :

- Consommations mensuelles et annuelles,
- Visualisation sous forme d'histogrammes,
- Impression des différentes valeurs variables (par pas de temps),
- Visualisation en temps réel de certaines valeurs de la simulation.

Avantages :

- Grâce à son approche modulaire, TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité (modules avec procédures de calcul plus ou moins élaborées).
- L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la librairie d'origine.
- Une vaste documentation sur les sous-programmes y compris des explications, les usages usuels et les équations de base.

- Une définition très souple de la période de simulation : choix du pas de temps, du début et de la fin de la simulation.

Inconvénients :

Pas de valeur ou de système par défaut, l'utilisateur doit donc posséder et introduire l'ensemble exhaustif des données définissant le bâtiment et le système.

3.2.2. TAS (Thermal Analysis Software)

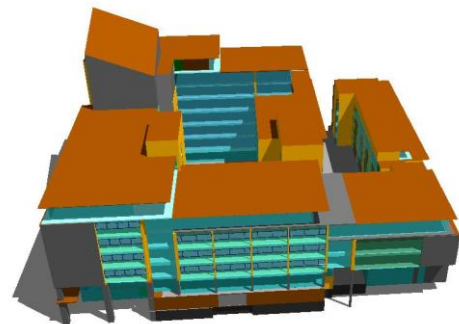
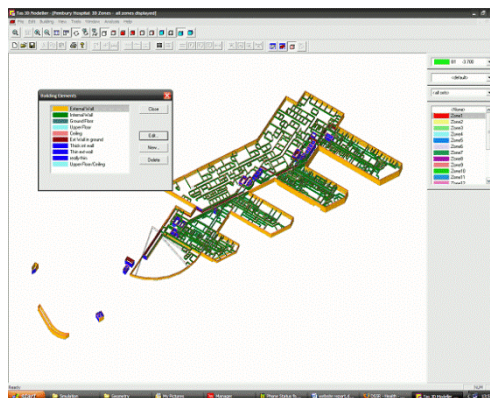


Fig 06 : Interface du logiciel TAS

Tas est développé par EDSL (Environmental Design Solution Limited) depuis 1989. Le logiciel permet d'exporter au format DXF pour avoir un rendu photo réaliste ou faire des calculs de lumière avec le logiciel Lumen Designer.



Tous les résultats peuvent être exportés sur Excel ou Word, avec des formats prédéfinis ou définis par l'utilisateur. IL est composé de 3 éléments :

- **Un Modeleur 3D** (Tas Building Designer)

Un module d'analyse thermique/énergie (Dynamic Simulation)

Un module CFD (Tas Ambiens)

- **Découpage en zones**

Un découpage en zones thermiquement homogènes est alors réalisé. Ce découpage prend en compte l'orientation, le niveau, l'affectation des locaux, leur surface vitrée et leur type de fonctionnement.

TAS est le seul logiciel qui permet de modéliser aujourd'hui 60 zones simultanément.

- **Visualisation 3D**

Le projet peut ensuite être visualisé en perspective ou en élévation, ce qui permet de valider les hypothèses de saisie avec l'architecte.

- **Simulation et optimisation de l'enveloppe**

Tous les paramètres nécessaires à la simulation sont alors renseignés, à partir de bases de données évolutives : caractéristiques des parois, charges internes (occupants, éclairage, bureautique, consignes, plannings de fonctionnement ...), fichier fourni par Météo-France ...

Des simulations sont lancées sur toute une année et donnent les réponses par zone en termes de confort et de performance énergétique (évolution des températures, nombre d'heures d'inconfort, bilans de puissances et bilan énergétique du projet).

Composants

Des bibliothèques de composants paramétrables permettent de modéliser des systèmes et, suite à une nouvelle simulation, d'extraire le niveau de confort, le débit optimum, les puissances nécessaires (chaud/froid/électrique) et les consommations prévisionnelles heure/heure sur toute une année.

Thermographies

Une analyse des champs de températures (d'air, radiante, et résultante) et de vitesse d'air, peut être réalisée sur des coupes représentatives, ou des volumes. Ces thermographies permettent d'optimiser le traitement thermique du local concerné.

Avantages :

Outil précis pour développer des concepts.

Faiblesses :

Non destiné à la conception détaillée d'équipement.



3.2.3. COMFIE-PLÉIADES (de l'anglais « comfy » : confortable)

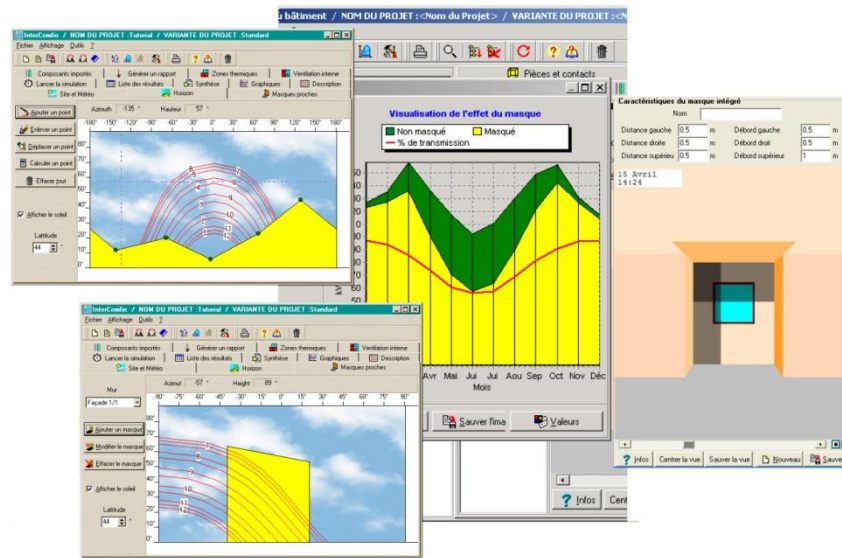


Fig 07 : Interface du logiciel Confie-Pléiades

Pléiades a été développé à la fin des années 80 au centre d'énergétique de Paris pour faire face au manque de logiciels simples d'utilisation prenant en compte la dynamique du comportement thermique du bâtiment (Salomon et al. 2005).

Il présente un cœur de calcul développé en Pascal dans l'environnement Delphi dans lequel le problème de thermique du bâtiment est réduit par méthode modale.

La réduction permet des temps de calcul de l'ordre de quelques secondes pour une simulation annuelle.

Un logiciel appelé ALCYONE permet de saisir graphiquement en 3D la géométrie du bâtiment et d'importer les données vers l'interface graphique de COMFIE appelée PLÉIADE. Les données renseignées dans PLÉIADE ainsi que les résultats de la simulation thermique peuvent ensuite être récupérés pour être utilisés dans le logiciel EQUER qui permet de faire l'analyse du cycle de vie du bâtiment.

Bien que les outils de cette catégorie intègrent des systèmes énergétiques simples leur permettant de donner les consommations du bâtiment sur la base de rendements moyens, ils ne permettent pas de tenir compte du fonctionnement réel dynamique des systèmes.

L'ensemble logiciel PLEIADES + COMFIE est l'outil indispensable à la conception bioclimatique en régime dynamique.

PLEIADES + COMFIE permet, par exemple, de répondre aux questions suivantes :

- Quelle sera la température dans une serre ? Peut-il y avoir des surchauffes en été ?



- Quelle est l'évolution des puissances de chauffage nécessaires sur chaque zone thermique pendant la période hivernale ?

- Faut-il accroître la ventilation externe pour ne plus être en situation d'inconfort?

- Comment une modification de l'état de surface d'une paroi ensoleillée va-t-elle modifier la température ambiante ?

- Comment dimensionner au mieux la masse thermique d'un bâtiment ?

- La réponse à ces questions n'est donc plus réservée aux seuls modèles de simulation lourds et coûteux.

L'interface PLEIADES, par sa rapidité et son apprentissage intuitif, permet enfin aux architectes de pouvoir calculer un projet bioclimatique dès la phase d'esquisse et d'avant-projet.

PLEIADES + COMFIE est également adapté aux calculs thermiques des bureaux d'études ou des chercheurs en phase de conception, de dimensionnement ou de contrôle des ambiances.

Caractéristiques Principales

- Comfie-pléiades est un couplage de deux logiciels ;
- Comfie est développé par le Centre d'Energétique de l'école des Mines de Paris et l'interface Pleiades par IZUBA Energies.
- PLEIADES apporte à Comfie une interface très souple et sécurisée, accélérant considérablement la saisie d'un projet et l'étude de ses variantes
- PLEIADES intègre une bibliothèque de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs (blocs, panneaux...)
- Création en quelques clics de compositions de parois
- PLEIADES intègre également une bibliothèque de menuiseries, de scénarios d'albédos, d'écrans végétaux et d'états de surface (absorption du rayonnement solaire et émission infrarouge).

L'analyse s'effectue sur des séquences de temps de type SRY (Small Reference Year) sur 2 semaines en été et 6 semaines en saison de chauffe, de type TRY (Test Reference Year) sur une année type, ou bien de type Yxx (Année réelle) sur une année réelle :

- Simulation possible de 40 zones thermiques différentes.

- Prise en compte de l'environnement : masques lointains, obstacles à l'ensoleillement à proximité de chaque paroi (arbre, masques architecturaux...).

Chaque ouverture vitrée peut être affectée d'un masque intégré à la construction de n'importe quel type, caractérisé en quelques clics.



- Prise en compte des coefficients d'émission et d'absorption des parois externes ou internes. Il est possible d'affecter à chaque paroi extérieure un scénario mensuel de réflexion du sol (albédo), un scénario mensuel d'occultation par un écran végétal, de tenir compte de l'exposition au vent...
- Des fermetures (volets par exemple) peuvent être programmées par scénario réglable d'heure en heure pour chaque jour de la semaine.
- Gestion des ventilations extérieures sur chaque zone par scénario hebdomadaire et horaire.
- Prise en compte de différents types de ventilation interne entre les zones thermiques :
 - * Ouverture de porte avec indication de la fréquence d'ouverture ou d'une régulation
 - * Orifices de ventilation
 - * Ventilation mécanique inter zones
 - * Mur Trombe.

Les zones peuvent être à évolution libre (température flottante), thermostatées (avec un scénario de consigne hebdomadaire et horaire), ou bien climatisées (avec une consigne de chauffage et une consigne de climatisation hebdomadaire et horaire). Dans ce dernier cas les puissances de chauffe et de rafraîchissement nécessaires pour maintenir la température souhaitée sont calculées au cours de la simulation.

Pour chaque zone, il est possible de définir la puissance de l'équipement de chauffage, la puissance de refroidissement, l'efficacité de l'échangeur récupérateur, la position du thermostat.

La saisie dans PLEIADES est à tout moment sécurisée contre toute valeur erronée ou hors limite. La simulation n'est lancée qu'après un contrôle de cohérence des données.

À la fin de la simulation, COMFIE calcule sur les différentes semaines de calcul, les températures et les puissances de chauffage pour chaque zone thermique. Édition heure par heure des résultats.

La vitesse de calcul est très optimisée : avec un Pentium II 233 Mhz, une simulation sur un projet de 4 zones thermiques prend de l'ordre d'une minute sur les 8760 heures annuelles...

Le calcul de simulation est effectué avec un pas de calcul paramétrable, pouvant aller de 1 à 1/10 d'heure.



Création automatique à chaque simulation d'un descriptif intégral du projet.

Un éditeur de graphes très facilement paramétrable facilite l'analyse graphique des projets et la comparaison des variantes :

Toutes les variantes précédemment calculées d'un projet peuvent être comparées entre elles.

Tous les résultats (analyses, valeurs et courbes) peuvent être imprimés, récupérables par copier coller, ou bien enregistrés sous forme de fichier RTF ou PICT pour exportation dans d'autres logiciels comme Word ou Excel. En plus des résultats, une série d'indices est générée après la simulation pour apprécier rapidement les performances du bâtiment :

- Moyenne Surchauffe Max. : moyenne de dépassement de température durant la période de surchauffe la plus importante.
- Amplification de T°ext : moyenne des pourcentages journaliers d'amplification de la température extérieure.
- Taux d'inconfort : pourcentage de temps durant lequel la température a été supérieure ou inférieure à certaines valeurs.
- Besoins Chauff+Froid : somme des besoins nets de chauffage et de rafraîchissement par m³.
- Part de besoins nets : pourcentage des besoins nets de chauffage par rapport aux déperditions.

Avantages

- Prise en main très rapide.
- Bonne simulation des conceptions passives.
- Passerelle avec Equer.
- Logiciel français.

Faiblesses

- Modélisation simplifiée des équipements
- Nombres de zones limitées



3.2.4. Comparaison entre les différents types de logiciels.

	TRNSYS	TAS	COMFIE-PLEIADES
Avantages	-modélisation des différents systèmes complexes	-précision de développement des concepts	-très rapide -moins cher -bonnes simulations des constructions passives
Inconvénients	-complexe et lent pour la saisie des données -la saisie des données prend du temps -plus cher - Pas de valeur ou de système par défaut	-complexe et lent pour la saisie des données -la saisie des données prend du temps -pas de valeurs ou de systèmes par défaut -plus cher -conception non détaillé des équipements	-nombre de zones limitées -modélisation simplifié des équipements

Fig 08 : Comparaison entre les logiciels de simulation



Chapitre 1 La pertinence des simplifications adoptées sur les phases d'esquisse et Les effets majeurs des modèles retenus.

Cette étude a été menée à l'aide d'un outil de simulation thermique dynamique (COMFIE PLEIADES)

1. Description du cas d'études

Le cas d'étude se base essentiellement sur deux projets réalisés et dont leurs comportement thermique et connues. Un projet d'une structure multi-accueil et une extension d'un hôpital. Ces deux projets existent en lorraine.

Le choix des deux projets est basé essentiellement sur la qualité thermique des deux bâtiments. Aussi, se limiter sur ces deux projets revient à la modélisation thermique qui prend assez du temps.

- ❖ Une structure multi-accueil de petite enfance de 25 places pour le compte de la communauté de communes du saulnois à château-salins.



Fig 09 : Structure multi-accueil

Le bâtiment est en ossature bois avec un bardage en mélèze, couverture zinc et toiture terrasse végétalisée.

L'isolation se fait par fibres de cellulose et laine de bois, la peinture des murs intérieurs est sans dégagement de COV, les revêtements de sol en linoléum, les plafonds acoustiques en bois ajouré et fibralith.

Le projet comprend un hall d'accueil, des espaces de soins, d'éveil et de repos pour les enfants de 3 à 15 mois, des espaces de repos, des salles de jeux et de propreté pour ceux de 15 mois à 6 ans. Une cuisine biberonnerie, une lingerie, un local du personnel, des locaux techniques et des zones de jeux, un jardin extérieur complètent le programme.

- ❖ Le projet consiste en la création à l'hôpital local de Bussang en extension du bâtiment existant, d'une unité de soins spécialisés pour personnes désorientées.



Fig 10 : Hôpital de Bussang



L'intervention consiste en la réhabilitation partielle du rez-de-chaussée et en la création d'une extension neuve de 300 m², l'unité complète comprenant 14 lits, une cuisine, une salle à manger, un espace accueil de jour, un espace de déambulation, ainsi qu'un jardin protégé devant servir de support thérapeutique pour l'équipe médicale dans les soins donnés aux malades.

Une démarche de développement durable et l'inscription paysagère de ce projet à l'échelle de l'hôpital comme à celle plus large du territoire a été le moteur de la réflexion et de la réponse architecturale apportée aux attentes des utilisateurs.

Chaque projet a ces propres caractéristiques de l'enveloppe, scénarios d'occupation, usages, système de ventilation, système de chauffage,...

2. Méthodologie de travail

2.1. L'Etude d'avancement de différentes phases d'esquisses

Dés les premiers intentions, on a pensé à suivre cette méthode et la développer.

Le retour aux différentes esquisses réalisées et les analyser était le point de départ de cette méthode. Le souci avec cette démarche était l'absence toujours d'un maillon entre les différentes étapes de l'esquisse. Et tu ne peux pas cerner les modifications et les classer selon un ordre croissant qui facilite la compréhension de l'état d'avancement du projet.

2.2. L'Etude au niveau de la phase de conception

Cette méthode était plus précise à suivre, prendre un projet dès les premiers esquisses et suivre l'évolution de la conception tout en analysant les différents étapes. On trouve que cette méthode est plus efficace au niveau des résultats à aboutir.

La phase de conception est un peu longue par rapport à la durée du stage et il est impossible de se baser sur cette méthode.

2.3. La Simplification du projet vers l'esquisse

Une méthode de simplification du bâtiment qu'on va suivre à fin de dégager les différents paramètres d'interventions qui seront utile en phase d'esquisse pour nous aider par la suite à qualifier les différents choix architecturaux sur la qualité thermique du bâtiment.



En se référant à des bâtiments dont leurs bilans thermiques sont connus, et tout en tenant compte de leurs qualités thermiques, on va commencer par définir les différents points de vue de simplification et les différentes notions d'actions sur la qualité thermique du bâtiment.

3. Méthode de simplification et résultats

3.1. Etude avec un point de vue formel

C'était difficile d'agir sur les différents éléments architecturaux, et essayer de revenir en arrière tout en respectant le bilan thermique final du bâtiment.

Cette démarche nous demande une étude approfondie et assez longue sur les différents types de parois, vu leur importance et leur impact.

3.2. Etude avec un regard thermique

Suivant cette démarche on va essayer d'étudier les différentes notions d'actions, qui vont nous aider par la suite à définir les différents éléments à considérer pour la simplification.

3.2.1. L'espace : qualité et usage

3.2.1.1. L'importance du zonage thermique

C'est la partie principale dans la conception, un zonage climatique joue un rôle très important sur la qualité thermique du bâtiment. Son principe est d'orienter les pièces fréquemment utilisées (séjour, salles, bureaux, chambres,...) vers le sud et que les autres espaces (toilettes, garage, entrée, locaux techniques,..) seront placés vers le nord comme espaces tampons. Bien distribuer les espaces, agit directement sur la qualité mais aussi la consommation.

Il y a plusieurs points de vue pour définir les espaces et les caractériser, pour cela bien connaître la différence entre les différents types d'espace, une première étape à suivre. Savoir la différence entre :

- Espace chauffé/Espace non chauffé
- Espace polluant/Espace non polluant
- Espace qui donne sur l'intérieur/Espace qui donne sur l'extérieur

Chaque espace a son comportement thermique et son degré d'influence sur les autres.



3.2.1.2. Les parois

Dans cette partie, on s'intéresse essentiellement aux parois intérieures entre les différents locaux et leurs importances dans la séparation.

L'impact de parois intérieures se voit essentiellement lorsqu'il s'agit d'une paroi de séparation entre deux locaux dont leurs températures sont différentes. Dont la composition de la paroi influe beaucoup sur la qualité thermique des locaux. Ainsi que les matériaux ont un fort impact.

L'isolation des parois intérieures :

L'isolation du mur intérieur influence le comportement thermique d'une pièce. Comme la masse thermique du mur n'est pas utilisée, on obtient une réaction directe au chauffage et au refroidissement. Donc le type et l'épaisseur de l'isolant est choisi en fonction de sa conductivité thermique, sa chaleur spécifique et sa masse volumique.

Etat de surface des parois :

L'importance de la couleur et l'état de surface est très important surtout au niveau de l'émissivité infrarouge et l'absorptivité solaire.

La différence entre la couleur influe sur la température intérieure, et plutôt le besoin en chauffage. Par exemple en partant d'une couleur standard blanche qui est une couleur claire, vers une couleur foncé. On remarque l'effet au niveau de besoin de chauffage qui diminue presque de 2%. Et ça se voit au niveau des températures intérieures, comme le montre les deux courbes qui se suivent.

Le besoin de chauffage dans un local (salle d'éveil/repas du projet structure d'accueil) diminue de 1307 kwh à 1280 kwh juste en remplaçant une peinture claire par une autre foncé.

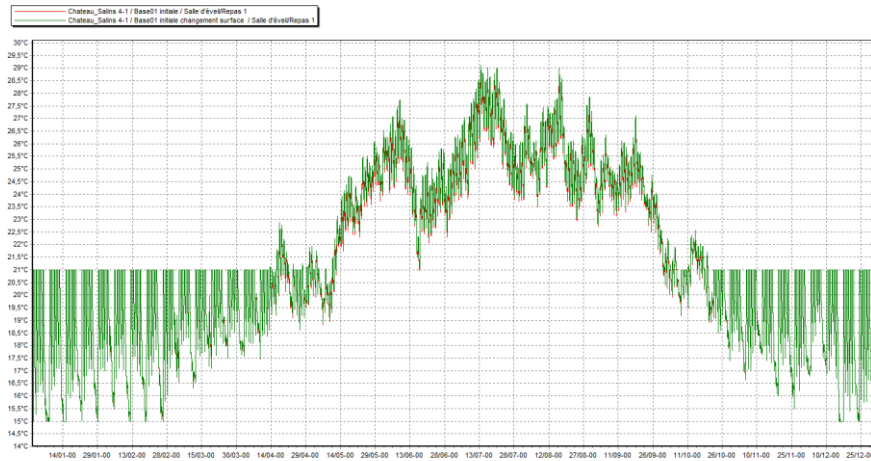


Fig 11 : Simulation Confie-Pléiades (structure d'accueil)
Variation de la température en fonction de l'état surface

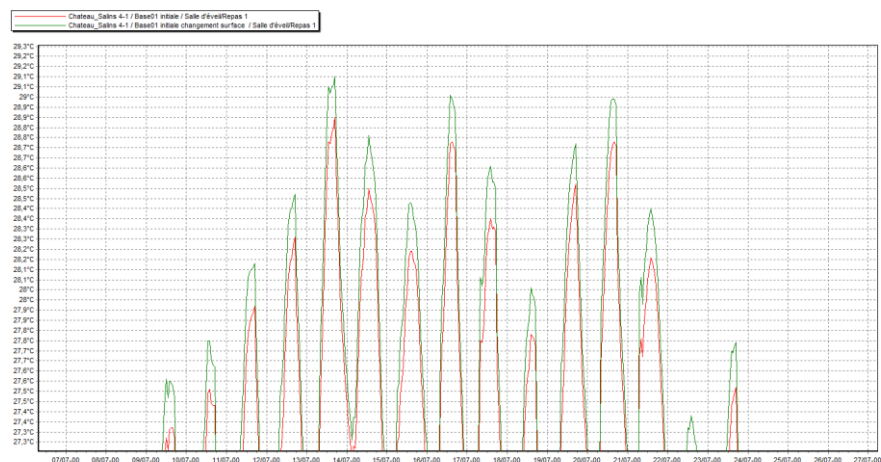


Fig 12 : Simulation Confie-Pléiades (structure d'accueil)
Variation de la température en fonction de l'état surface

3.2.1.3. La ventilation des locaux

Ventiler, quels espaces à ventiler, quel systèmes de ventilations, quand ventiler, quel débit....

Il faut tout d'abord savoir répondre à ses questions, vu que la ventilation gère la qualité de l'air intérieure. Généralement la ventilation concerne des zones spécifiques.



3.2.2. Les façades : Conception et comportement

Façade et ouvertures sont indéfectiblement liées : on ne conçoit pas l'une sans penser aux autres et inversement, si l'on souhaite que l'enveloppe isolante du bâtiment soit la plus performante possible et que l'ensemble reste esthétique.

Chaque façade est caractérisée par son orientation, la composition et le pourcentage d'ouvertures. Mais parfois l'architecte est obligé à s'adapté avec la situation comme elle est.



Fig 13: Structure d'accueil (Façade sud)
Répartition des ouvertures : vue en plan

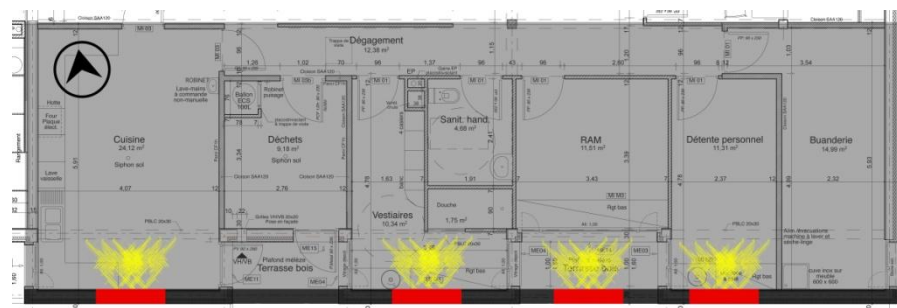


Fig 14: Structure d'accueil (Façade sud)
Répartition des ouvertures : vue en plan

Une solution qui favorise la protection des rayons solaires et surtout en période estivale. Ce graphique montre un des étapes de conception : ou une pensée de point de vue thermique et aussi visuel à fin d'améliorer la qualité thermique de l'intérieur.

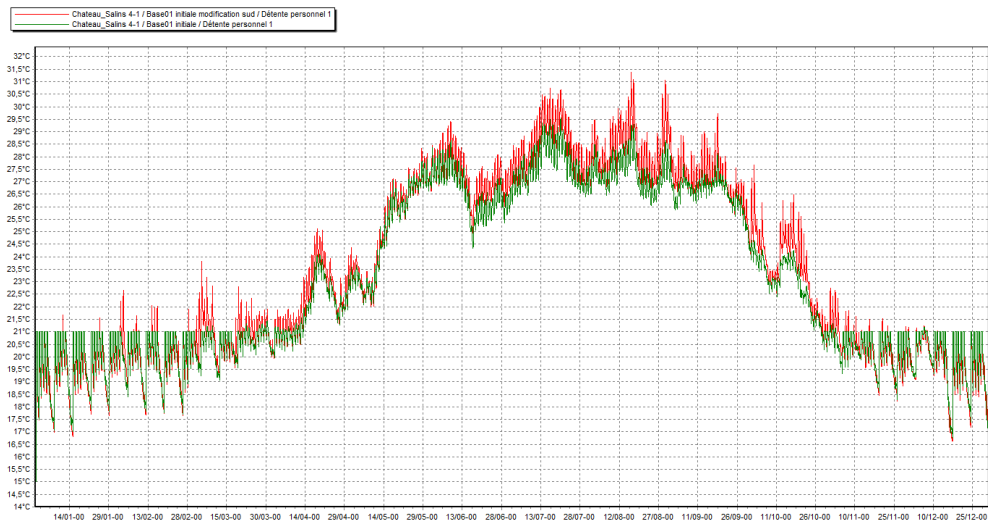


Fig 15 : Simulation Confie-Pléiades, local détente (Structure d'accueil)
 Variation de la température intérieure avant et après intervention

D'après ce graphique on remarque la pertinence des décrochements au niveau de la conception et ça se voit au niveau de la température intérieure tout au long de l'année. Par la suite une amélioration des besoins de chauffages presque de 15%.

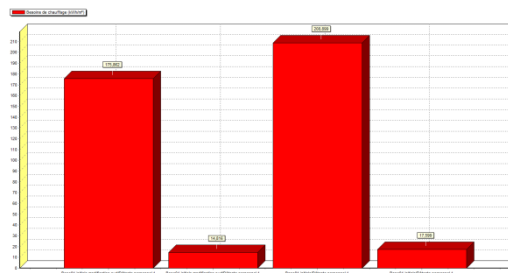


Fig 16 : Simulation Confie-Pléiades, local détente (Structure d'accueil)
 Besoins en chauffage avant et après intervention

3.2.2.1. Les masques

Généralement, les masques sont inventés pour jouer sur les apports solaires et essentiellement contre les surchauffes d'été.

Dans ce cas on va étudier l'influence de masques sur les apports solaires, selon l'orientation de la zone. (Voir l'annexe pour tous les résultats concernant le projet de structure d'accueil).

Situation du local	Sans Masques	Avec Masques	%
SUD	2774 kw	1858 kw	33
QUEST	676 kw	363 kw	46
EST	1838 kw	927 kw	50

Fig 17 : Simulation Confie-Pléiades (Structure d'accueil)
 Besoins en chauffage avant et après intervention



Pour 3 locaux différents et situés dans des orientations différentes, nous remarquons que les masques peut diminuer les apports solaires jusqu'à 50%.

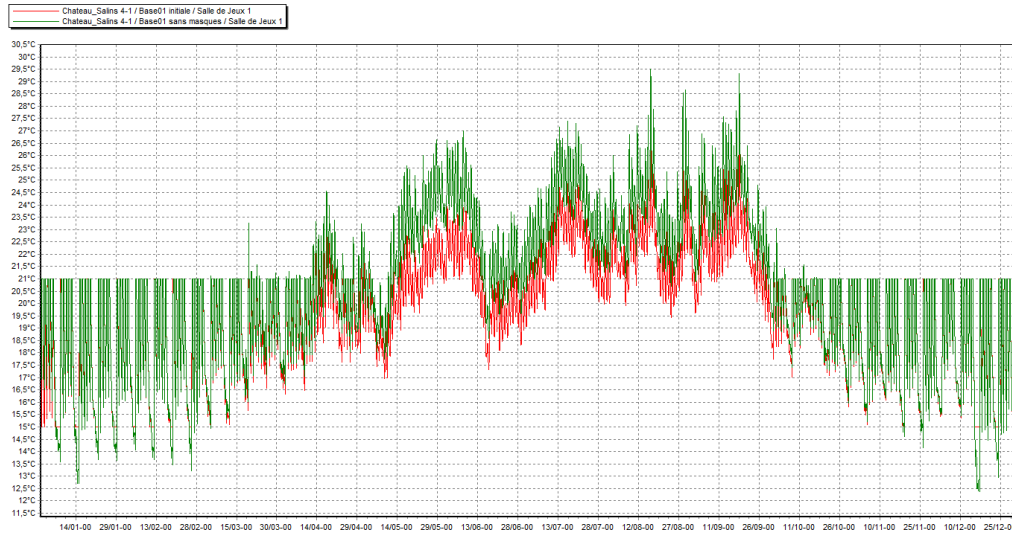


Fig 18 : Simulation Confie-Pléiades (Structure d'accueil)
Variation de la température en fonction des masques

En analysant ce graphique, on constate l'importance d'un masque utilisé pour protéger un local situé plein sud en période estivale.

3.2.2.2. L'occultation, une solution aussi à tenir compte

Un scénario annuel d'occultation, agit fortement sur les surchauffes d'où la variation de la température intérieure.

Dans les deux graphiques qui se suivent, on remarque l'importance de l'occultation en période estivale. Pour toutes les simulations on considère une occultation 0% pendant toute la journée et 100% pendant la nuit en période hivernal, et une occultation de 100% pendant la journée et 0% la nuit en période estivale.

Les résultats montrent que les apports solaires sont divisés par 3 et ça se voit en période estivale.

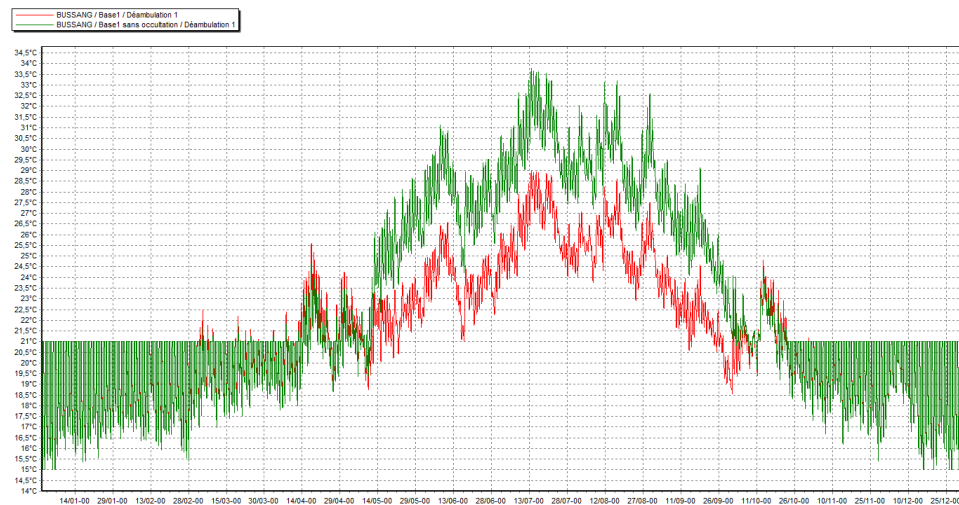


Fig 19 : Simulation Confie-Pléiades, local déambulation (hôpital Bussang)
Variation de la température en fonction des masques

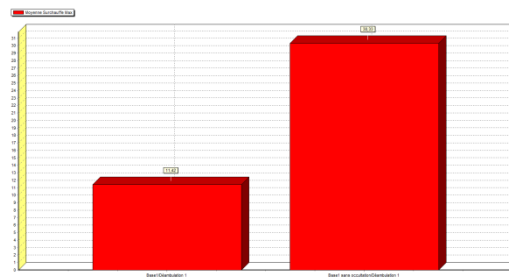


Fig 20 : Simulation Confie-Pléiades, local déambulation (hôpital Bussang)
Moyennes de surchauffes

3.2.2.3. Les usagers et les équipements

Le nombre des occupants est parmi les notions imposés par le programme. Donc avoir une idée sur ce nombre et les heures d'occupation, augmente la température intérieure du local concerné.

L'usage des appareils électroménagers (ordinateur, audiovisuel) contribue à un apport de 5°C, c'est pourquoi la ventilation est très importante.

3.3. Assure le confort à l'inférieur du bâtiment

Le confort thermique intérieur dépend du maintien de la température intérieure souhaitée quelle que soit la saison. Pour réussir le confort d'hiver et le confort d'été, il suffit d'isoler les parois, aussi bien les fenêtres avec une très forte résistance thermique en ajoutant l'occultation par l'extérieur et en plus l'inertie thermique du bâtiment.



3.3.1. Concernant le confort d'hiver :

La différence de température de quelques degrés entre l'ambiance et les parois ou entre les pieds et la tête fait frissonner. C'est la sensation d'inconfort. Ce sentiment de gêne apparaît dès que l'écart de température est supérieur de 3°C entre la température des pièces et celle des parois (fenêtre, sol ou mur). On appelle cela l'effet de « paroi froide » qui disparaît dès que les parois sont isolées.

L'isolation permet d'abaisser le niveau de la température d'ambiance. Un bâtiment bien isolé permet de chauffer à 19° avec un vrai confort thermique. L'augmentation de chauffage de 1° n'amène pas plus de confort mais augmente la consommation d'énergie de 5%. De plus l'isolation des parois, la ventilation et le chauffage modérément permet un bon confort intérieur et assure aussi la conservation du bâtiment.

3.3.2. Concernant le confort d'été

Les ouvertures dépendent de l'orientation, lorsque les fenêtres sont orientées vers le sud, elles permettent de gagner plus d'énergie qu'elles ne perdent de chaleur en hiver. De plus, elles réduisent l'apport d'éclairage artificiel.

Cependant, pour limiter les surchauffes en été, il ne faut pas que les surfaces vitrées dépassent 20 à 25% de la surface habitable. Au-delà, l'échauffement par les baies engendre de l'inconfort.

Il faut particulièrement éviter les fenêtres de toit et les lanterneaux qui entraînent toujours une surchauffe en été et leur préférer les chiens-assis. Prévoir dans tous les cas des occultations extérieures.

L'optimisation du confort d'été doit être prévue dès la conception du bâtiment et dépend essentiellement de la résistance thermique des parois qui a une influence de 2° à 4° par rapport à la totalité du bâtiment.

Aussi des surfaces vitrées qui sont bien orienté et protégées qui a une influence de 2° à 5° par rapport à la totalité du bâtiment.

En plus une bonne inertie du bâtiment, on prend l'exemple du plancher lourd qui a une influence de 2° à 5° par rapport à la totalité du bâtiment.



Chapitre 3 L'Impact des choix Architecturaux et environnementaux sur la qualité thermique du bâtiment.

C'est dans les premières phases de la conception d'un bâtiment que des décisions importantes sont prises et interviendront sur le comportement du bâtiment, sa consommation d'énergie et le confort des ambiances. Alors, il est très important de trouver une méthode adéquate qui guidera le concepteur dans le choix d'une solution architecturale qui se justifie la plus performante par rapport à ces critères.

La conception d'un bâtiment, tout en tenant compte de ces critères, demande une méthodologie d'optimisation assez complexe. En effet, chaque amélioration a un impact sur les autres interventions et plus le projet est poussé, plus la sensibilité des paramètres est importante.

La solution finale est donc le mélange de multiples interventions dont les paramètres les plus importants sont :

- Orientation et compacité du bâti
- Surface vitrées du bâti, répartition des surfaces vitrées
- Inertie, capacité de stockage
- Protections solaires
- Régulation
- Confort d'été
- ...

Aussi, Les performances des bâtiments s'obtiennent par une forte combinaison de choix environnementaux, architecturaux et techniques, de choix de conception et d'équipements.

La conception du bâtiment doit être appréhendée de façon globale et ordonnée :

- La réduction du besoin de chauffage et de climatisation par la limitation des déperditions au niveau de l'enveloppe du bâtiment.
- L'utilisation d'équipements de chauffage et de régulation très performants, quelque soit l'énergie.
- L'utilisation des énergies renouvelables.
-

C'est dans cette prochaine étude qu'on va préciser l'impact des choix architecturaux et environnementaux sur la qualité thermique du bâtiment.



On distingue essentiellement deux grandes familles de notions, sur lesquelles va se baser notre prochaine étude : des notions imposés et des notions d'actions qui regroupent essentiellement :

- les conditions climatiques.
- les apports internes.
- les dispositions constructives.
- les équipements techniques.

1. Les notions imposées

1.1. Les Conditions Climatiques

Le concepteur doit bien connaître le site et utiliser ses avantages : protection naturelle aux vents froids et au soleil estival grâce à la topographie du terrain ou à la végétation, ensoleillement hivernal, masques solaires, ...

Les formes et les orientations sont choisies en fonction de l'ensoleillement, en développant les façades répondant aux objectifs d'économie d'énergie en hiver et de confort en été. Le bâtiment est relativement compact pour éviter les déperditions tout en maximisant les apports solaires gratuits en période froide.

Les espaces intérieurs sont organisés en fonction de l'usage, de manière à ce que l'ambiance thermique corresponde aux activités et aux heures d'utilisation. Les espaces situés au Nord seront plutôt des espaces « tampons », c'est-à-dire rarement utilisés mais jouant un rôle protecteur vis-à-vis du froid. Traditionnellement les combles ne sont pas aménagées, c'est en effet l'espace qui subit le plus les rigueurs du climat : glacial en hiver, torride en été.

Le bâtiment est conçu en fonction de la course du soleil. La hauteur et les orientations du soleil sont prises en compte pour se protéger des apports solaires en été et des éblouissements. Les emplacements des locaux sont choisis pour bénéficier d'un ensoleillement au moment voulu.

Les conditions climatiques sont considérées comme des ressources potentielles. Pour cela, le maître d'œuvre doit avoir un maximum de données:

- L'ensoleillement
- La température de l'air et ses variations quotidiennes et mensuelles.
- L'hygrométrie.
- L'orientation et la fréquence des vents dominants.
- le diagramme solaire.
- Les degrés-jours (somme des écarts positifs entre une T° conventionnelle, égale à 18°, et la t° extérieure moyenne journalière)

L'architecte doit, toutefois, connaître certains principes pour acquérir des données grâce à l'observation. Ainsi, il faut savoir qu'un environnement végétalisé rafraîchit



grâce à l'évapotranspiration des plantes tandis que des sols minéraux sont très rayonnants et retardent la chute des températures en soirée. La configuration du relief ou du bâti environnant influence fortement le régime des vents, en créant parfois des effets venturi ou des turbulences.

1.2. Les apports internes

La chaleur produite par les occupants et par les équipements divers. Chaque projet est caractérisé par un nombre prédéfini d'utilisateurs et ses équipements. Ces notions sont imposables dès la phase de conception.

Le maître d'œuvre doit tenir compte de ces apports, car ils agissent directement sur la température intérieure des locaux et surtout le confort d'été.

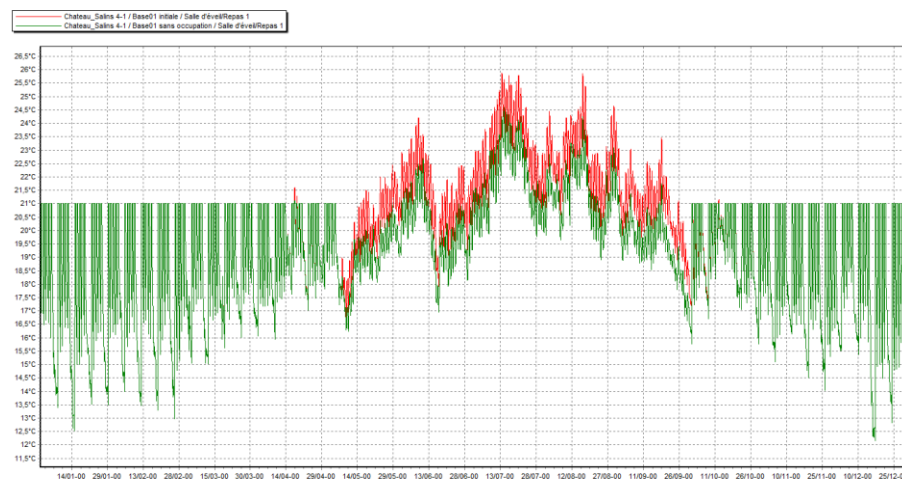


Fig 21: simulation Confie- Pléiades : salle d'éveil/repas (Structure d'accueil)
Variation de la température en fonction de présence des occupants

Ce graphique montre l'impact des usagers sur la température intérieure du local. Et ça se voit essentiellement en période estivale, en augmentant les surchauffes d'été.

Remarque :

Les équipements peuvent apporter jusqu'à 40% des besoins thermiques d'hiver, et induisent des besoins de rafraîchissement en été.

2. Les notions d'actions

2.1. Les dispositions constructives

2.1.1. L'orientation

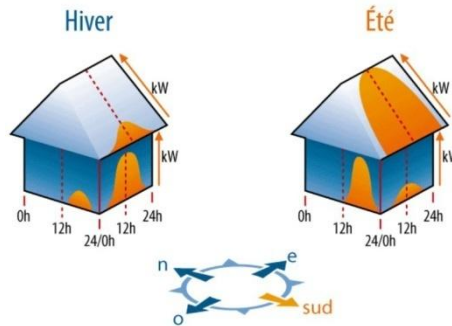


Fig 22: <http://www.maison-construction.com>
Surfaces du captage du soleil selon les façades

Les apports solaires doivent être étudiés avec attention pour limiter les problèmes de surchauffes d'été liés aux parois vitrées. Et ça revient essentiellement dès la phase de conception au niveau du choix de l'orientation du bâtiment.

Le zonage thermique :

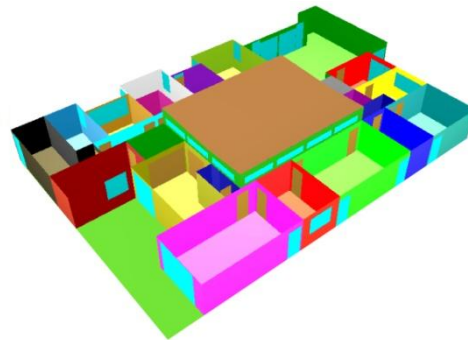


Fig 23 : Simulation Confie- Pléiades (structure d'accueil)
Zonage thermique

Il est utile de réfléchir, dès la réalisation du programme fonctionnel de l'opération, au zonage thermique des locaux et à leur localisation vis à vis des apports solaires.

Le zonage thermique permet de répondre aux différentes demandes d'ambiances thermiques :

- Mieux adapter et/ou réguler les apports de chaleur selon la vocation et les activités abrités par chaque type d'espace.
- Créer des zones tampons entre l'intérieur et l'extérieur ou entre deux types d'espaces abritant des activités différentes permet de gérer des espaces thermiques de transition.
- L'orientation sud est génératrice de chaleur, de lumière, voire d'éblouissement. Elle devra faire l'objet d'une attention particulière vis à vis des apports solaires été/hiver et intégrer des protections solaires extérieures adaptées à la politique définie.



- Les espaces à l'est disposent du soleil du matin, source de lumière et d'éblouissement, tandis qu'à l'ouest, les espaces exposés subissent les surchauffes difficiles à contrôler en fin de journée.

On peut conclure que la conception des façades dépend essentiellement de l'orientation. Pour cela on pense à bien répartir les ouvertures selon les quartes façades du bâtiment. Outre leur caractère évidemment esthétique sur une façade, les ouvertures participent bien sûr au bon éclairage des pièces ainsi qu'à leur bonne isolation. Leur répartition sur les différentes façades, la surface vitrée qu'elles offrent et leur nombre sont donc de première importance.

- Côté sud, sud-est et sud-ouest
Pas de problème du côté sud : en hiver, les vitrages placés sur cette façade capteront toujours plus de soleil et d'énergie, en été, n'entraîneront pas non plus de surchauffe. On peut oser sans hésitation sur cette façade les baies vitrées et vérandas pour un ratio maximum surface du vitrage / surface au sol de la pièce de 1/3.
- Côté est et ouest
Ce type d'orientation est nettement moins recommandé.
A l'ouest, l'ensoleillement est maximal et peut être très pénible à la belle saison. Autre inconvénient à prendre en compte : la plupart des vents dominants et des tempêtes soufflent d'ouest en est, d'où des infiltrations certaines et des pluies régulières. Evitez donc, dans tous les cas, les grands vitrages. Le ratio surface du vitrage / surface au sol de la pièce préconisé doit être compris entre 1/6 et 1/4.
- Côté nord
Quelle que soit la disposition du bâtiment, des vitrages orientés au nord seront toujours déficitaires d'un point de vue énergétique. Le seul critère de répartition est donc l'éclairage des pièces, en veillant à ne pas dépasser un ratio surface du vitrage / surface au sol de la pièce de 1/6.

2.1.2. Les protections solaires

Il existe différentes protections solaires, dont on étudie les plus utilisées :

❖ Les masques architecturaux ou protections fixes

On distingue essentiellement : les casquettes, les flancs, les loggias, et les patios...

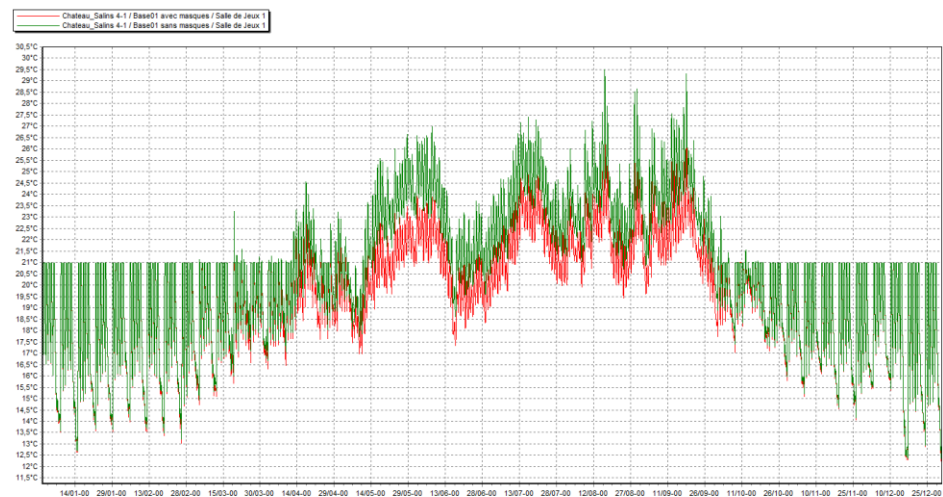


Fig 24 : Simulation Confie- Pléiades, salle des jeux (structure d'accueil)
Variation de la température en fonction des masques

Ce graphique montre l'effet d'une casquette fixe, qui se voit au niveau des températures intérieures des locaux.

La mise en place d'une protection solaire fixe agit directement sur les apports solaires. Donc la conception de ces protections doit être étudiée minutieusement afin de profiter des apports solaires en hiver et les diminuer en été pour ne pas avoir les surchauffes d'été. Pour cela l'effet d'avancer/diminuer les dimensions des masques, agit fortement sur ses paramètres. Et surtout sur la quantité de la lumière qui pénètre dans le bâtiment.

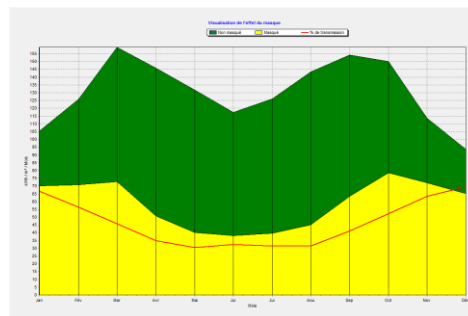


Fig 25 : Simulation Confie- Pléiades, salle des jeux (structure d'accueil)
Visualisation de l'effet du masque.

☒ Les protections mobiles

Sont considérées ainsi toutes les protections mises en place uniquement quand cela est nécessaire. Dans cette catégorie se trouvent : les volets, les stores vénitiens, les lames.

Quand il s'agit de systèmes de fermeture comme les volets, ceux-ci doivent en général assurer d'autres fonctions :



- L'isolation thermique en hiver
- L'aération nocturne pour le rafraîchissement
- La protection contre l'intrusion.

L'utilisation de ses masques agit aussi sur les gains solaires en été et permet de contrôler les surchauffes d'été.

■ Les films réfléchissants ou ionisants

C'est une technique moderne qui présente de nombreux avantages par rapport aux protections classiques.

Elle ne modifie pas l'allure extérieure du bâtiment et s'intègre parfaitement dans un projet moderne, surtout s'il s'agit d'immeuble de bureaux. En effet, les films sont fixés sur les vitrages à protéger.

Exemple :

Pour un vitrage de 4 mm, sans film, la transmission de l'énergie solaire est plus de 80%.

Par contre un vitrage protégé par un film peut réduire cette transmission à 20%. Le reste de l'énergie solaire est réfléchi ou absorbé. Quasiment aucun rayonnement ultraviolet ne traverse la vitre.

■ Les protections végétales

La présence de la végétation à l'ouest permet d'éviter une surchauffe durant l'été et, en hiver, de laisser pénétrer les rayons solaires à l'intérieur de la maison, et ainsi d'augmenter naturellement la température.

Donc, placer des masses végétales à proximité des façades a un rôle de régulateur thermique où l'ombre portée sera bénéfique d'une part, et une protection des vents dominants d'autre part.

En conclusion, les protections solaires s'apprécient l'été dans la gestion des apports de chaleur par le soleil.

Mais leur rôle est également important l'hiver sur le plan thermique. La nuit, des volets pleins fermés limitent sensiblement les déperditions de chaleur. De plus, les fermetures, volets et persiennes participent à la sécurité vis-à-vis des risques d'intrusion.

2.1.3. L'isolation des Parois Opaques

Les composants des parois sont choisis en fonction de l'orientation et du rôle thermique de la paroi. En particulier, la paroi Nord est étudiée à être très isolée tandis que la paroi sud sera utilisée pour capter l'énergie, la stocker et la restituer



pendant la nuit. La toiture et la paroi ouest seront conçues pour protéger le bâtiment des apports solaires indésirables et restituer avec un déphasage la chaleur qu'elles auront inévitablement emmagasinée. Les parois intérieures auront surtout une fonction de stockage.

Comme les matériaux, chaque type de parois possède des propriétés. Les auteurs détaillent lesquelles sont les plus adaptées à un contexte donné : murs maçonnés à isolation répartie, murs maçonnés minces avec une isolation par l'extérieur, murs à ossature bois avec un remplissage isolant et murs en bois massif. Ils expliquent les précautions à prendre avant de faire le choix sur la composition de ses parois.

Pour qualifier la résistance thermique d'une paroi, on utilise le coefficient de transmission thermique surfacique U . Ce dernier dépend de la conductivité thermique (coefficient λ) et de l'épaisseur des différents composants de la paroi.

Plus U est faible plus la paroi est isolante.

Il faut néanmoins penser que la valeur de U va descendre en fonction :

- des liaisons entre parois et entre élément de parois (ponts thermiques)
- des défauts d'étanchéité.
- des éventuels défauts de pose.
- des pertes de performance des matériaux et systèmes constructifs dans le temps.

Les parois jouent un rôle très important sur la consommation en chauffage et la température intérieure. Plus la paroi est isolante plus la consommation d'énergie est moins importante.

Tous les matériaux ont des caractéristiques thermiques différentes qui peuvent être utilisées plus ou moins judicieusement. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- La conductivité thermique (facilité de transmission de la chaleur par conduction)
- La capacité thermique (aptitude à stocker de la chaleur)
- La diffusivité thermique (rapidité à transmettre la chaleur)
- L'effusivité thermique (rapidité à absorber la chaleur),
- Le coefficient de réflexion et, pour les vitrages, facteur solaire (capacité de transmission énergétique)
- le coefficient de transmission (capacité de transmission lumineuse)
- le coefficient de transmission thermique (U : capacité à s'opposer à la fuite des calories).

Une isolation thermique performante est une isolation qui vous protégera aussi bien du froid que des fortes chaleurs. Une bonne isolation thermique est importante afin :

- de diminuer la consommation de chauffage.



- de supprimer la consommation de climatisation.
- de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Il faut savoir que 80% de l'énergie d'une construction indépendante est consacrée au chauffage. Une isolation thermique efficace peut réduire les besoins en énergie de plus de 60%.

Pour maintenir à bon niveau la température intérieure des locaux pendant les périodes froides, il faut chauffer le bâtiment et compenser les pertes de chaleur au travers de l'enveloppe de construction.

Un édifice laisse fuir la chaleur comme le montre la répartition des pertes par éléments de bâtiment :

- Toiture : 30%
- Murs : 16%
- Planchers : 16%
- Ponts thermiques : 3%
- Renouvellement d'air : 20%

On rencontre essentiellement trois principes d'isolation de l'enveloppe, qui ont des comportements différents vis à vis des ponts thermiques :

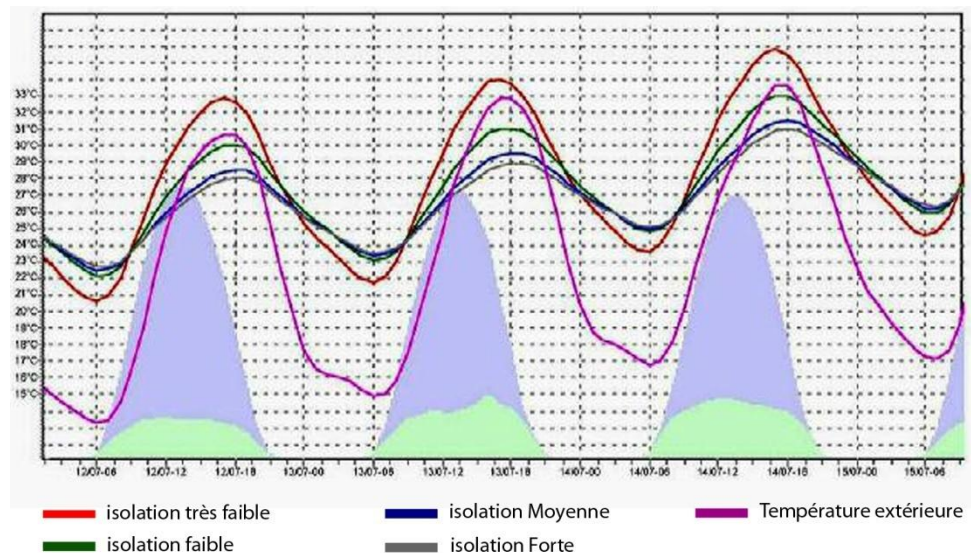


Fig26 : Simulation confie-pléiades
Comparaison d'isolation

Parfois L'isolation devient insuffisante dans les zones ou les températures extérieures sont élevées.



■ Isolation par l'extérieur

Elle permet de profiter de l'inertie thermique des murs pour réguler la température dans la pièce, quand elle est chauffée, les murs accumulent une partie de la chaleur qu'ils restitueront progressivement lorsque le chauffage sera éteint. L'inconvénient est qu'elle nécessite un temps plus important pour réchauffer une pièce froide.

En outre, elle maintient la fraîcheur en été et évite les ponts thermiques. C'est une technique qui n'est pas adaptée aux résidences secondaires et qui peut s'avérer coûteuse.

-Simulation : isolation par l'extérieur

Zones	Besoins Ch. kWh	Besoins Ch. kWh/m ²	Besoins Clim. kWh	Besoins Clim. kWh/m ²	T° Min °C	T° Moyenne °C	T° Max °C
Occupée	824	32	3163	121	15	23,68	27
Non occupé	0	0	0	0	6,09	25,34	46,49
Total	824	32	3163	121			

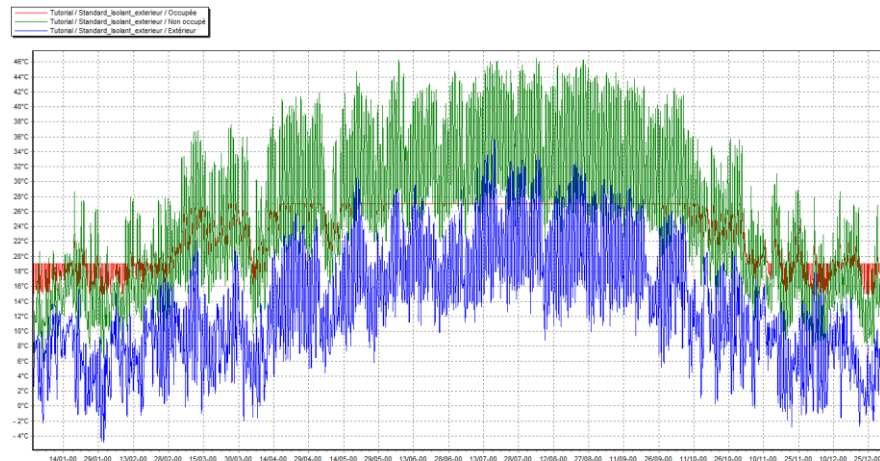


Fig 27 : Simulation Confié- Pléiades
 Visualisation de l'effet d'isolation par l'extérieur

■ Isolation par l'intérieur

Elle permet un réchauffement rapide de l'air intérieur (ce qui est utile dans les locaux à utilisation intermittente) car l'inertie thermique (capacité à emmagasiner de la chaleur et à la restituer plus tard, on parle



alors de déphasage) du mur n'est pas effective. Toutefois, il faut faire attention au risque de surchauffe l'été.

Ne modifie pas l'aspect extérieur.

Elle ne résout pas les ponts thermiques, c'est-à-dire les zones échappatoires des calories où la barrière isolante est rompue, mais évite le rayonnement des parois froides.

-Simulation : isolation par l'intérieur

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	°C	°C	°C
Occupée	1357	52	2134	82	15	22,93	27
Non occupé	0	0	0	0	4,92	22,86	44,05
Total	1357	52	2134	82			

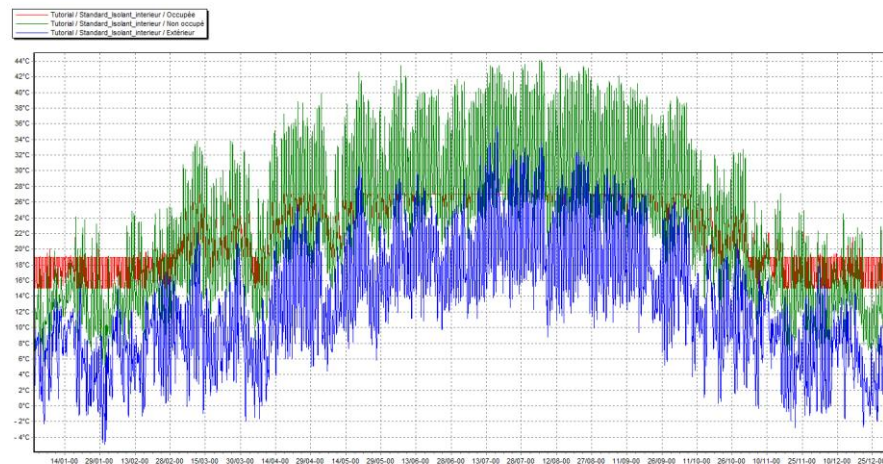


Fig 28 : Simulation Confie- Pléiades
 Visualisation de l'effet d'isolation par l'intérieur

❏ Isolation Répartie

Ce type d'isolation est intéressant vu qu'elle offre des gains de temps importants pour la mise en œuvre de structure porteuse et isolation thermique en même temps.

Elle permet de réduire les ponts thermiques et améliore le confort thermique (bon compromis entre l'inertie thermique et l'isolation).

Le deuxième principe est jugé le moins performant vis à vis des ponts thermiques.

Le troisième principe est généralement le plus performant mais ce n'est pas vrai dans tous les cas ou pour toutes les parties sensibles de la construction il existe des solutions pour limiter, dans les cas défavorables, l'importance des ponts thermiques.



■ Épaisseur d'isolant :

L'épaisseur de l'isolant joue un rôle très important dans la composition de la paroi, il peut influencer la qualité thermique intérieure soit positivement soit négativement. (Simulation de base : voir annexes)

-Une première simulation concerne la modification de l'épaisseur d'isolant dans les murs.

-Résultats de la simulation : doublement de l'épaisseur d'isolant des murs extérieurs (projet structure d'accueil)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Puiss. Chauff.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C
Hall Vestiaires	2087	28	7502	15	22,47	29,45
Salle de soins	174	14	1682	15	23,32	30,16
Salle Repos 1	495	18	3179	15	23,06	30,17
Salle Repos	373	18	2511	15	23,08	29,83
Salle Propreté	300	23	1688	15	22,81	28,98
Sas+L.pouss	578	28	2455	15	22,36	28,93
B.Direction	419	32	2315	15	22,72	29,41
éveil/Repas	1242	40	3796	15	21,67	28,89
Buanderie	309	20	1383	15	23,06	31,34
Détente perso	176	15	1466	15	23,43	29,62
RAM	446	36	2010	15	22,7	29,15
Vestiaires	383	29	1481	15	22,61	29,15
Cuisine	617	24	2482	15	22,25	28,36
Salle de Jeux	2578	35	7379	15	21,15	29,43
Atelier	445	31	1803	15	21,93	28,41
Total	10864	25	49799			

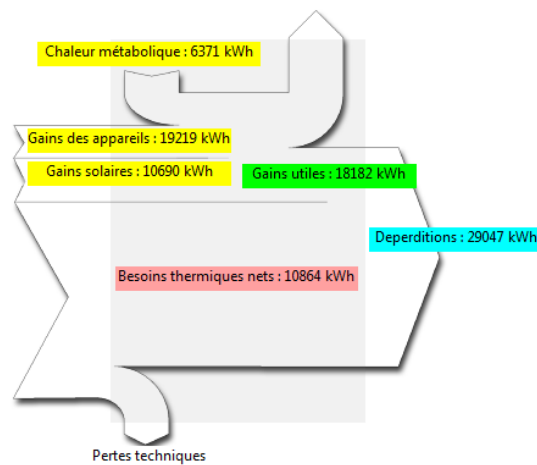


Fig 29 : Simulation Confie-Pléiades Projet Structure d'accueil
 Diagramme de Sankey



-Une deuxième simulation concerne la modification de l'épaisseur d'isolant dans le plancher

-Résultats de la simulation : doublement de l'épaisseur d'isolant du plancher (projet structure d'accueil)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Puiss. Chauff.	T° Min	T° Moy	T° Max
	<i>kWh</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>W</i>	°C	°C	°C
Hall Vestiaires	2030	27	6888	15	22,82	30,36
Salle de soins	160	12	1582	15	23,73	31,43
Salle Repos	448	16	2966	15	23,62	31,57
Salle Repos	340	17	2309	15	23,63	31,25
Salle Propreté	275	22	1613	15	23,26	30,19
Sas+L.pouss	545	26	2274	15	22,74	29,94
B.Direction	417	31	2050	15	23,02	30,37
éveil/Repas	1196	39	3417	15	22	30,04
Buanderie	313	20	1440	15	23,29	33,94
Détente pers	171	14	1393	15	23,73	30,7
RAM	419	34	1921	15	23,09	29,93
Vestiaires	360	28	1678	15	23,03	30,02
Cuisine	579	23	2338	15	22,69	29,52
Salle de Jeux	2430	33	6735	15	21,61	30,76
Atelier	419	30	1772	15	22,41	29,61
Total	10319	24	46520			

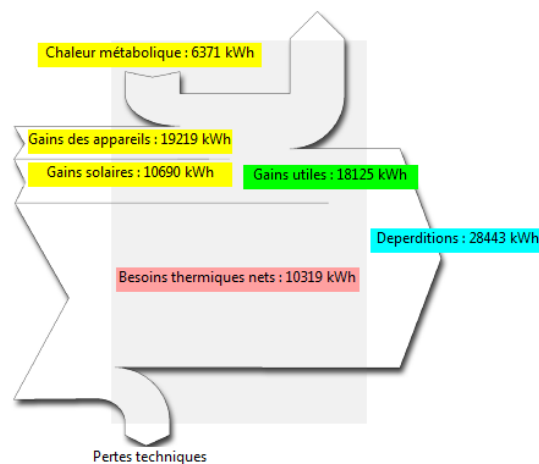


Fig 30 : Simulation Confie-Pléiades Projet Structure d'accueil
 Diagramme de Sankey



-Une troisième simulation va comporter la modification de l'épaisseur d'isolant dans la toiture.

-Résultats de la simulation : doublement de l'épaisseur d'isolant de la toiture (projet structure d'accueil)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Puiss. Chauff.	T° Min	T° Moy	T° Max
	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C
Hall Vestiaires	2082	28	5400	15	22,32	29,56
Salle de soins	200	16	1547	15	23,15	30,1
Salle Repos	548	20	2898	15	22,88	30,1
Salle Repos	417	20	2341	15	22,9	29,75
Salle Propreté	322	25	1578	15	22,68	28,98
Dég dev Soins	163	5	2531	15	22,99	29,42
Sas+l.pouss	616	30	2136	15	22,21	28,92
B.Direction	471	35	2031	15	22,51	29,37
éveil/Repas	1313	43	3368	15	21,47	28,91
Buanderie	350	22	1157	15	22,77	32,15
Détente pers	210	18	1415	15	23,25	29,56
RAM	473	39	1944	15	22,58	29,1
Vestiaires	410	32	1724	15	22,52	29,14
Cuisine	673	26	2404	15	22,11	28,36
Salle de Jeux	2684	37	6888	15	21,01	29,5
Atelier	476	34	1735	15	21,81	28,35
Total	11537	26	44314			

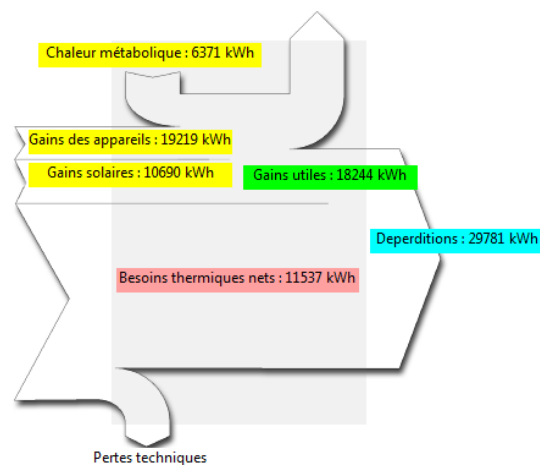


Fig 31 : Simulation Confie-Pléiades Projet Structure d'accueil
 Diagramme de Sankey



L'étude sur l'épaisseur d'isolant nous a montré que l'augmentation du volume d'isolant :

-Au niveau des murs extérieurs : diminution des besoins de chauffage de 8% par rapport à l'ensemble du bâtiment, aussi bien que les déperditions une diminution de 5%. On peut jouer sur ce rapport et l'augmenter, en utilisant un isolant mieux que qu'on a choisis.

-Au niveau du plancher : aussi diminution des besoins de chauffage de 12% par rapport à l'ensemble du bâtiment, et diminution des déperditions de 5%. On remarque que les températures augmentent et surtout en période estival avec l'augmentation de l'isolant. En période estivale, la température du sol est inférieure à la température du bâtiment et peut contribuer à rafraichir le bâtiment si l'épaisseur d'isolant n'est pas trop importante.

-Au niveau de la toiture : une diminution de 2% au des besoins de chauffage, et de 1% pour les déperditions. Par rapport à l'ensemble du bâtiment, l'épaisseur de l'isolant n'a pas apporté une amélioration significative.

2.1.4. L'isolation des parois vitrées

Les parois vitrées ont besoin d'être groupées avec d'autres éléments pour être performantes : murs à forte inertie pour stocker la chaleur, protections solaires pour éviter les surchauffes, volets pour renforcer l'isolation nocturne, rideaux pour prévenir le phénomène de parois froides,... Les protections solaires peuvent correspondre à des éléments architecturaux, comme les casquettes, à des éléments mobiles, tels les stores et les volets, ou plus naturellement utiliser la végétation : arbres à feuilles caduques, treilles, haies,...

La capacité d'un vitrage à s'opposer à la fuite de calories est exprimée par le coefficient de transmission thermique U exprimé en watts par mètre carré Kelvin ($W/m^2.K$).

Plus le coefficient de transmission thermique est faible, plus le vitrage est isolant. L'amélioration du coefficient de transmission U d'un vitrage se fait grâce à une ou plusieurs des solutions suivantes :

- en doublant, voire en triplant le vitrage
- en augmentant l'épaisseur de la lame d'air qui les sépare



- en revêtant une des faces du verre intérieur d'une couche à faible émissivité (film métallique réfléchissant la chaleur)

Plus précisément, la performance thermique d'une paroi vitrée dépend de la nature de la menuiserie, des performances du vitrage et de la qualité de la mise en œuvre de la fenêtre. Mais la nature des fermetures (volets, persiennes) intervient également.

En effet, elles peuvent réduire les déperditions, particulièrement la nuit. Enfin, les protections sont très efficaces pour limiter les surchauffes d'été.

Comment réduire les déperditions par les vitrages ?

Les fenêtres sont nécessaires dans un bâtiment, pour le confort, pour bénéficier des apports solaires,...etc.

Cependant, les fenêtres constituent un véritable gouffre énergétique en hiver... La résistance thermique d'une fenêtre est en effet 10 fois plus faible que celle d'un mur. Plusieurs conseils pour réduire les pertes par les fenêtres :

-différencier les façades : la façade nord aura moins d'ouvertures que la façade sud.

-éviter les menuiseries métalliques : le métal est conducteur et privilégier le bois ou les composites bois-lièges.

-maximiser l'épaisseur de la lame d'air : le double vitrage est constitué de 2 vitres de verre (de 4mm chacun par exemple) entre lesquels est enfermée une lame d'air (de 16 mm par exemple). C'est la lame d'air qui rend ce type de vitrage plus isolant que le simple vitrage. C'est pourquoi le triple vitrage (3 vitres, 2 lames d'air) est encore plus isolant. Attention toutefois, plus on rajoute du verre, moins on voit clair au travers donc moins d'apports solaires... On peut aussi changer le gaz entre les vitres : l'argon, le krypton sont moins conducteurs que l'air, le vide aussi est un excellent isolant.

-utiliser des vitrages peu émissifs : les vitres peu émissives sont revêtues de couches ultra minces (comme sur les verres anti-reflets) dont l'épaisseur est astucieusement calculée pour arrêter les infrarouges. Or les infrarouges, c'est la chaleur. Les couches sont totalement invisibles à l'œil nu. Optez toujours pour ce genre de vitrage.

-utiliser de bonnes fermetures nocturnes : la nuit, il fait toujours plus froid et on n'a pas besoin de regarder par la fenêtre... Fermez donc les volets pour augmenter la résistance thermique des ouvertures et limiter ainsi les pertes.

⇒ Haute performance du vitrage et haute performance du châssis sont indispensables pour atteindre ces objectifs.

$U_w = 1,3$ semble être une valeur maximum (avec des efforts importants sur le reste de l'enveloppe).

Le triple vitrage associé à un châssis performant ($U_w < 1$) présente des avantages aussi bien en thermique d'hiver qu'en confort d'été.



Dans cet exemple on va étudier l'impact de changement de types de vitrages :

❏ Etat de bases

Pour un bâtiment de 150 m² dont :

Le volume est de 450m³

Les Besoins de chauffage

Bch = 6320 kWh/an soit environ 42 kWh/m²/an

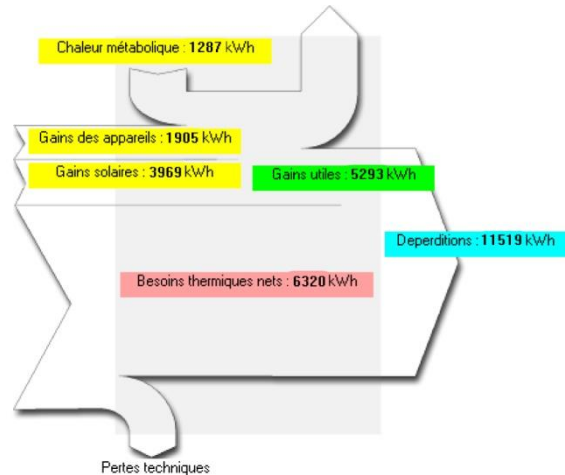


Fig 32 : Simulation Confie Pléiades
Diagramme de Sankey de base

❏ Utilisation d'un double vitrage très performant

- Réduction de la surface vitrée à 20 % de la surface habitable
- Mise en place de fenêtre DV 4/16/4 argon bois
- Isolation des façades par 25 cm d'isolant type ouate de cellulose
- Infiltration d'air n50 =1.2 h-1
- Rupture des ponts thermiques

Pour les besoins de chauffages Besoins de chauffage un gain de 45 % sur les besoins de base du batiment.

Bch = 3476 kWh/an soit environ 23 kWh/m²/an

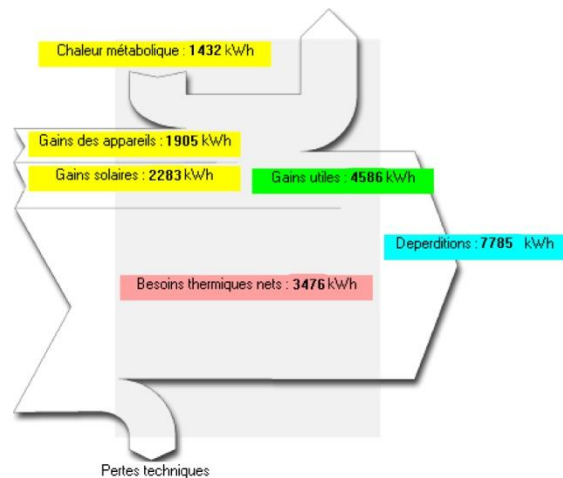


Fig 33 : Simulation Confie Pléiades
Diagramme de Sankey Modification 01



❏ Remplacement du Double vitrage par un triple vitrage
 $U_w=0.8\text{w/m}^2.\text{K}$

On remarque une amélioration au niveau des gains : soit 12% par rapport au double vitrage et 50% sur les besoins de base du bâtiment.

$B_{ch} = 3\,160\text{ kWh/an}$ soit environ $21\text{ kWh/m}^2/\text{an}$

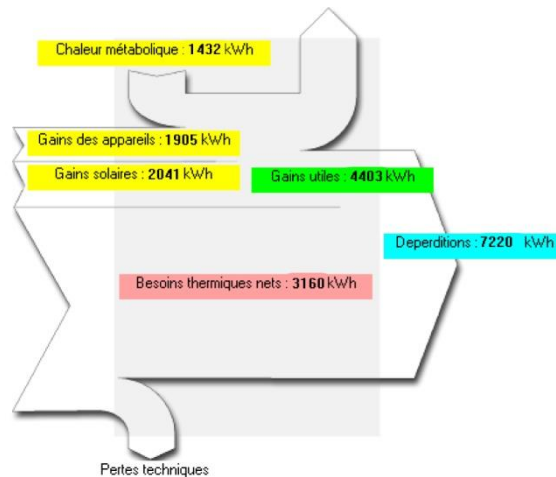


Fig 34 : Simulation Confie Pléiades
Diagramme de Sankey Modification 02

2.1.5. La volumétrie

Plus un bâtiment est compact, plus il est performant. On mesure la compacité avec le rapport surface déperditive (mur, toit, etc.) sur le volume à chauffer : **ratio S/V**. Plus ce rapport est grand, plus il y a de surfaces déperditives, plus il y a de pertes par les parois. La forme la meilleure est la sphère : c'est le volume géométrique qui a le rapport le plus petit. Ainsi plus le bâtiment ressemble à une sphère, moins il y a de pertes. C'est pourquoi à volume égal, un immeuble consomme moins que plein de petites maisons individuelles. Le graphique ci-dessous illustre la compacité de géométries types. Pour un bâtiment de 1000 m^3 , il convient de ne pas dépasser un ratio S/V de 0,65 (soit +12% par rapport à une sphère).

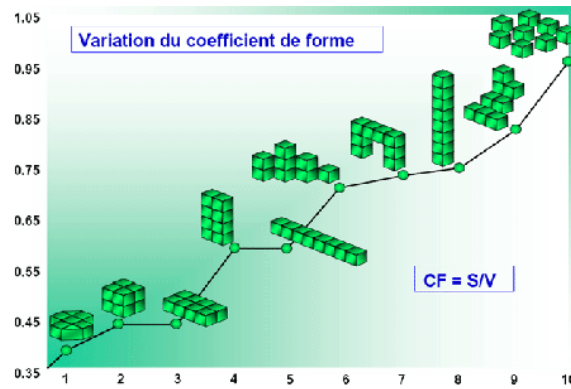


Fig 35 : Variation de coefficient de forme
<http://www.energiepositive.info>

La performance d'une enveloppe de bâtiment est caractérisée par un ensemble de paramètres :

- déperditions thermiques limitées
- inertie adaptée
- perméabilité à l'air réduite
- apports solaires en hiver, protection solaire en été
- acoustique agréable à l'intérieur
- éclairage naturel présent

Sans parler de l'intégration au site.

L'ensemble de ces paramètres joue un rôle sur la consommation énergétique et sur le confort des occupants.

Les deux bâtiments ont la même surface et le même volume.

Pour les deux simulations on applique les mêmes scénarios, les modifications essentielles sont en volume et concernent les parois.

Les mêmes conditions climatiques et du site sont appliqués pour les deux bâtiments.

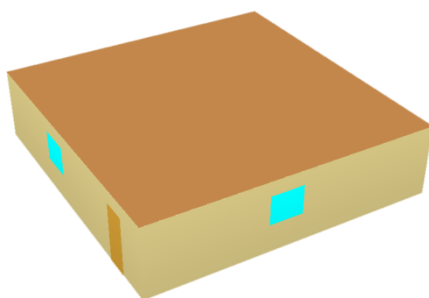


Fig 36 : Modélisation avec Alcyone
Bâtiment de base

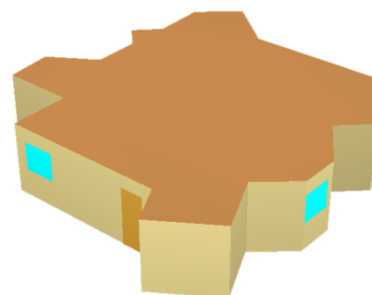


Fig 37 : Modélisation avec Alcyone
Bâtiment après intervention



-Simulation 01

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	<i>kWh</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	°C	°C	°C
<i>Pièce</i>	5065	51	0	0	7033	0	16,35	21,25	26,48
Total	5065	51	0	0	7033				

Zones	Apports solaires bruts	Besoins Chaud+Froid	Moy Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoins nets	Dépertions	Surface	Volume
	<i>kWh</i>	<i>kWh/m³</i>	<i>1/10°C</i>	%	%	%	<i>kWh</i>	<i>m²</i>	<i>m³</i>
<i>Pièce</i>	685	20,24	0	6.89%	0.00%	64.78%	7819	100	250

-Simulation 02

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	<i>kWh</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	°C	°C	°C
<i>Pièce</i>	6290	63	0	0	8429	0	16,11	20,22	26,04
Total	6290	63	0	0	8429				

Zones	Apports solaires bruts	Besoins Chaud+Froid	Moy Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoins nets	Dépertions	Surface	Volume
	<i>kWh</i>	<i>kWh/m³</i>	<i>1/10°C</i>	%	%	%	<i>kWh</i>	<i>m²</i>	<i>m³</i>
<i>Pièce</i>	656	25,22	0	6.92%	0.00%	65.85%	8833	100	250

La modification d'une paroi agit sur beaucoup de résultats comme se voit dans les deux simulations :

Besoins en chauffage : une réduction de besoins en chauffage de 20% sur la totalité du bâtiment, et ça revient au comportement des parois et ses coefficients de transmission thermique.

Plus la forme est simple plus les déperditions sont moins. 12% sur la totalité du bâtiment.



2.2. Les équipements techniques

2.2.1. La ventilation :

Pour assurer la qualité de l'air satisfaisante aux occupants, conserver le bâti et permettre le fonctionnement des appareils à combustion en toute sécurité, les locaux doivent être ventilés suivant le principe du « balayage » qui consiste à introduire de l'air neuf (air provenant de l'extérieur) dans les locaux les moins pollués et à faire circuler ce flux d'air jusqu'aux locaux les plus pollués, où l'air vicié est extrait et évacué vers l'extérieur.

On parle de « locaux à pollution non spécifique », où la pollution n'est liée qu'à la présence humaine, et de « locaux à pollution spécifique » (cuisines, salles d'eau, sanitaires, locaux techniques).

Certains locaux, dont la pollution est particulière, (présence de produits dangereux, émission de gaz de combustion) peuvent avoir un système de ventilation indépendant pour des contraintes de sécurité. La maîtrise du renouvellement d'air nécessite un dimensionnement et une localisation adaptés des entrées d'air, des orifices de sorties d'air, et le cas échéant des systèmes mécaniques assurant la circulation d'air, ainsi que des performances minimales en étanchéité à l'air de l'enveloppe globale du bâtiment.

La conception et le dimensionnement de la ventilation d'un bâtiment repose principalement sur les caractéristiques de l'occupation (nombre, durées d'occupation, activités et polluants), tout en étudiant les éventuelles sources de pollution de l'environnement extérieur.

L'enjeu de conception consiste, tout en répondant aux besoins, à :

- limiter la gêne des occupants et/ou des activités due aux courants d'air,
- limiter les déperditions thermiques liées à l'apport d'air froid,
- limiter les transmissions ou émissions de bruit par les conduits, les orifices et les appareils mécaniques associés à la ventilation.

❏ Ventilation naturelle

Le système fonctionne dans un parfait silence et sans la moindre consommation d'énergie mais il y a d'importantes pertes de calories.

Le principal problème avec la ventilation naturelle est que dans les pays comme la France, avec des étés plus ou moins chauds, le renouvellement de l'air ne peut pas toujours s'effectuer. En effet, ce dernier ne peut s'effectuer que si la température intérieure est supérieure à la température extérieure.

La ventilation naturelle ne contrôle pas le flux et la distribution de l'air.

Ce système est plus efficace en hiver qu'en été car les différences de température et de pression sont plus importantes.

Il faudra donc le plus souvent ouvrir les fenêtres ou avoir recours à un autre procédé : naturel comme le puits canadien ou mécanique comme la VMC.



❖ La ventilation mécanique contrôlée(VMC) Simple flux

Ce type de ventilation présente un inconvénient : il ne tient pas compte des variations d'humidité et de chaleur.

❖ La ventilation mécanique contrôlée(VMC) Double flux

L'utilisation d'une ventilation mécanique contrôlée double flux (VMC double flux) afin de limiter les déperditions thermiques par la récupération des calories de l'air vicié (air à expulser) en les transmettant à l'air neuf.

Ce système permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation: il récupère la chaleur de l'air vicié extrait de la maison et l'utilise pour réchauffer l'air neuf filtré, venant de l'extérieur.

Un ventilateur pulse cet air neuf préchauffé dans les pièces principales par le biais de bouches d'insufflation.

Cet équipement est plus coûteux qu'une VMC simple-flux, mais il permet des économies de chauffage importantes, en récupérant jusqu'à 70 % (90 % dans les systèmes haute performance) de l'énergie contenue dans l'air vicié extrait, et en profitant de la chaleur dégagée par la cuisson ou la toilette.

❖ Systemes de ventilation :

Ventilation Nocturne :

Ce type de systèmes permet de rafraîchir l'ambiance et la masse des locaux, essentiellement la nuit. Combinée à une forte inertie thermique, c'est un élément clé du confort d'été.

Ventilation Géothermique :

Le puits canadien (appelé également puits provençal) consiste en un réseau de conduits de ventilation, enterré à une profondeur de 2m environ, permettant d'alimenter en air neuf les locaux d'un bâtiment.

En faisant circuler l'air neuf dans ce réseau enterré avant de le faire pénétrer dans le bâtiment, on permet :

- En hiver: de réduire la consommation énergétique liée au renouvellement d'air. En effet, l'air extérieur se préchauffe naturellement en passant dans les conduites enterrées, où la température voisine du sol est quasiment constante aux environs de 12°C.

- En été: de rafraîchir naturellement les locaux. En effet, l'air extérieur se refroidit dans les conduites enterrées (où la température voisine du sol est toujours à une température quasi constante de 14°C) avant de pénétrer dans le bâtiment.

Ces systèmes permettent d'offrir aux occupants une température agréable en été en évitant le recours à la climatisation.

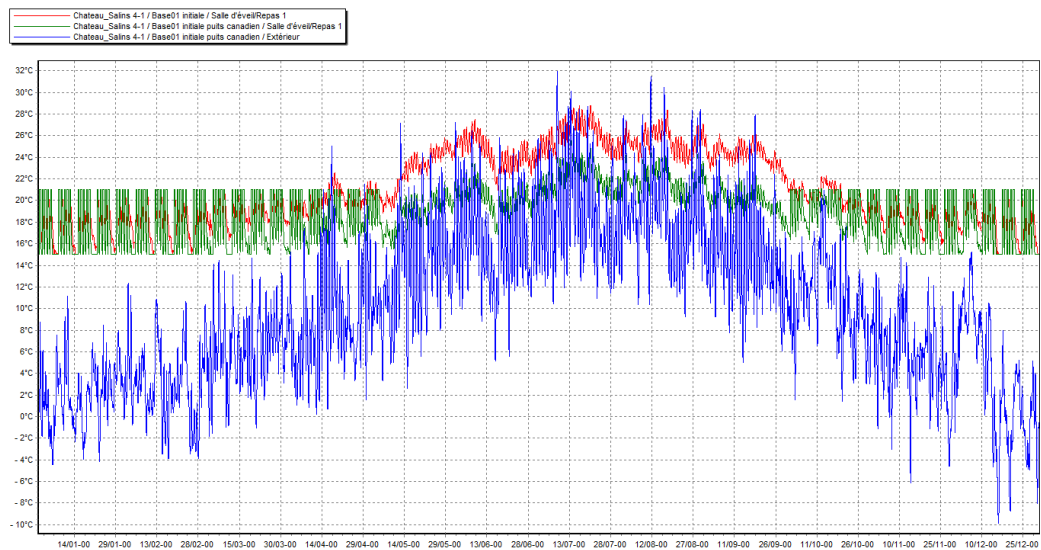


Fig 38 : Simulation Confie-Pléiades (structure d'accueil)
Puits canadien

2.2.2. La toiture végétale

Cette technique présente plusieurs avantages :

- l'inertie thermique
- l'isolation thermique
- l'intégration visuelle est améliorée.

Les végétaux apportent une hygrométrie bénéfique au micro-climat tandis que le drainage des eaux pluviales, même en cas de forts orages, est amélioré. De plus, la lumière captée par les végétaux réduit d'autant la surchauffe des bâtiments et le rayonnement de chaleur qui accroît la température ambiante.

On remarque dans ces deux tableaux, l'importance de la toiture végétalisée qui se voit essentiellement dans :

-La réduction du besoin en chauffage d'environ 30% dans l'ensemble du bâtiment.

-Aussi la réduction des surchauffes d'été : au niveau des températures intérieures la réduction des températures maximales, aussi bien l'amélioration des températures moyennes (2° à la moyenne).

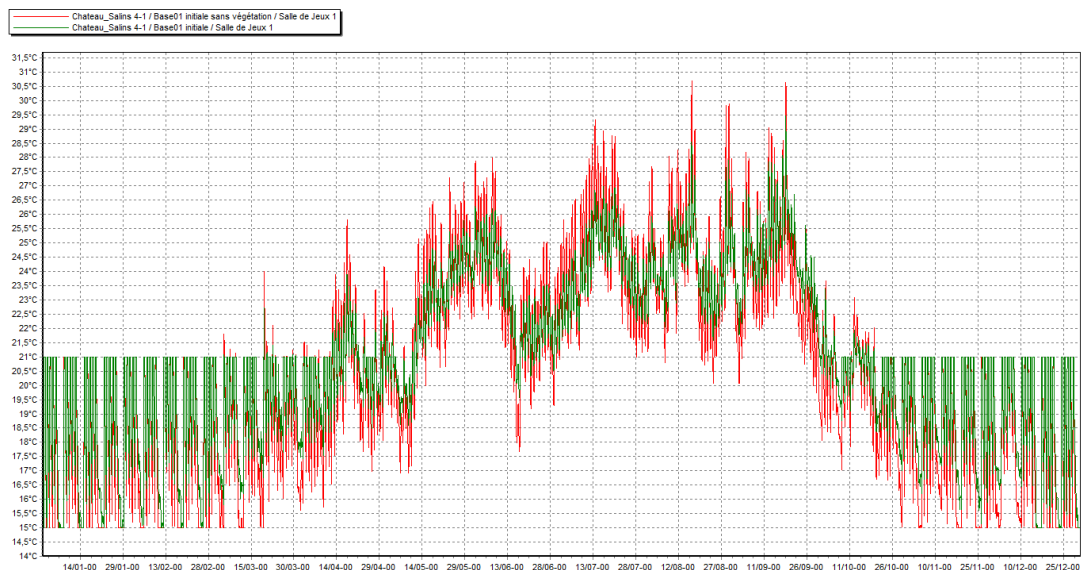


Fig 39 : Simulation Confie-Pleiades (structure d'accueil)
 Effet de la toiture végétalisée sur les températures intérieures

-Simulation : Toiture bois

Toiture bois	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Puiss. Chauff.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C
Hall Vestiaires	2758	37	9964	15	21,8	31,13
Salle de soins	304	24	1863	15	22,67	31,11
Salle Repos 1	765	27	3557	15	22,32	31,12
Salle Repos 2	584	29	2768	15	22,39	30,62
Salle de Propreté 1	428	33	1912	15	22,24	30,16
Dé dev Soins 1	382	13	3107	15	22,46	30,18
Sas+local pouss	790	38	2850	15	21,73	30,61
Bureau Direction	610	46	2451	15	22,05	30,49
S.éveil/Repas 1	1552	51	4258	15	21,12	30,65
Buanderie 1	482	31	2281	15	22,35	32,38
Dég dev Dechet	268	20	2362	15,13	21,96	30,77
Détente personnel	309	26	1894	15	22,8	30,56
RAM	593	48	2184	15	22,18	29,69
Vestiaires	546	42	2138	15	22,07	30,13
Cuisine	893	35	2224	15	21,6	29,38
Salle de Jeux	3228	44	8785	15	20,69	30,69
Atelier 1	597	42	2010	15	21,46	29,82
Total	15122	35	58859			



-Simulation : Toiture Végétalisée

Toiture végétalisée	Besoins Ch. kWh	Besoins Ch. kWh/m ²	Puiss. Chauff. W	T° Min °C	T° Moyenne °C	T° Max °C
Hall Vest	2214	29	6864	15	22,31	29,36
Salle de soins	198	15	1546	15	23,16	30,09
Salle Repos	543	19	2896	15	22,88	30,09
Salle Repos	412	20	2340	15	22,91	29,75
S.Propreté	320	25	1577	15	22,68	28,97
Dégdev Soins	163	5	2764	15	22,99	29,39
Sas+l. pouss	614	30	2219	15	22,2	28,89
B.Direction	468	35	2016	15	22,51	29,36
S.éveil/Repas	1308	43	3366	15	21,47	28,9
Buanderie	348	22	1157	15	22,77	32,14
Dégdev Dech	138	10	1258	15,19	22,47	28,9
Détente pers	209	18	1415	15	23,24	29,54
RAM	474	39	1945	15	22,57	29,06
Vestiaires	439	34	1724	15	22,45	29,1
Cuisine	702	27	2402	15	22,06	28,33
Salle de Jeux	2676	37	6885	15	21,01	29,47
Atelier	473	33	1734	15	21,81	28,34
Total	11713	27	46240			

Mais aussi au niveau des déperditions : on remarque une réduction qui peut atteindre les 15%.

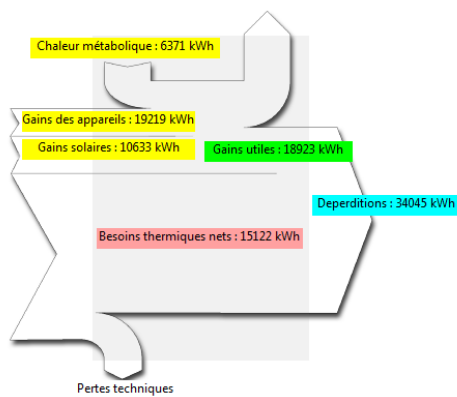


Fig 40 : Simulation Confie-Pleiades
 Toiture bois (Projet structure d'accueil)

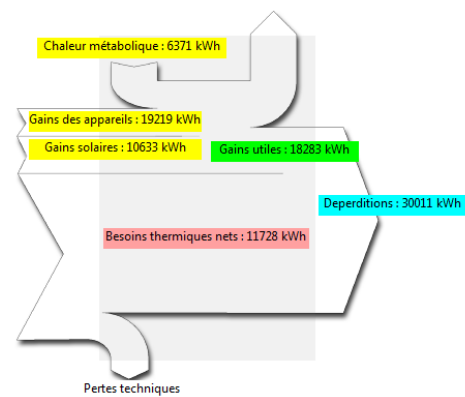


Fig 41 : Simulation Confie-Pleiades
 Toiture végétalisée (Projet structure d'accueil)



Conclusion

Après toutes ces études et analyses élaborées dans ce rapport, je dirai, que la méthodologie de travail suivi pendant la période du stage nous a permis de mettre en relation les différents choix architecturaux et environnementaux avec le comportement final du bâtiment. Aussi, grâce au développement des outils informatiques essentiellement, les outils de simulation dynamique, nous a permis de travailler et de connaître à l'avance les impacts d'une telle conception sur le résultat final.

Cette étude nous a montré, l'importance des différents critères sur les bâtiments, surtout dans les choix et les décisions qui ont un fort impact sur la qualité thermique du bâtiment, d'une part.

D'autre part, la relation entre les différents éléments constructifs, et les paramètres du confort thermique. Bien que la pertinence des différents scénarios, nous a aidés à mieux comprendre ces relations et déterminer par la suite les effets de ces modèles.

Une première démarche pourra être intéressante pour établir un cahier de charge qui sera utile pour les prochaines études et nous servira à mieux concevoir nos bâtiments surtout ceux à très basse consommation et on peut même aller plus loin vers des bâtiments à énergie positive.



Illustrations

Fig 01 : Différences entre les différents systèmes de ventilation

Fig 02 : Schéma combinatoire d'un calcul de simulations thermiques

Guide de l'architecture bioclimatique : cours fondamental : tome 2 construire avec le climat

Fig 03 : Méthodes de calcul des logiciels de détermination des données thermiques

Guide de l'architecture bioclimatique : cours fondamental : tome 2 construire avec le climat

Fig 04 : Méthodologie de la simulation thermique dynamique

Fig 05 : Interface du logiciel TRNYS

Fig 06 : Interface du logiciel TAS

Fig 07 : Interface du logiciel Confie-Pléiades

Fig 08 : Comparaison entre les logiciels de simulation

Fig 09 : Structure multi-accueil

Fig 10 : Hôpital Bussang

Fig 11 : Simulation Confie-Pléiades (structure d'accueil)

Variation de la température en fonction de l'état surface

Fig 12 : Simulation Confie-Pléiades (structure d'accueil)

Variation de la température en fonction de l'état surface



- Fig 13: Structure d'accueil (Façade sud)
Répartition des ouvertures : vue en plan
- Fig 14: Structure d'accueil (Façade sud)
Répartition des ouvertures : vue en plan
- Fig 15 : Simulation Confie-Pléiades, local détente (Structure d'accueil)
Variation de la température intérieure avant et après intervention
- Fig 16 : Simulation Confie-Pléiades, local détente (Structure d'accueil)
Besoins en chauffage avant et après intervention
- Fig 17 : Simulation Confie-Pléiades (Structure d'accueil)
Besoins en chauffage avant et après intervention
- Fig 18 : Simulation Confie-Pléiades (Structure d'accueil)
Variation de la température en fonction des masques
- Fig 19 : Simulation Confie-Pléiades, local déambulation (hôpital Bussang)
Variation de la température en fonction des masques
- Fig 20 : Simulation Confie-Pléiades, local déambulation (hôpital Bussang)
Moyennes de surchauffes
- Fig 21: simulation Confie- Pléiades : salle d'éveil/repas (Structure d'accueil)
Variation de la température en fonction de présence des occupants
- Fig 22: <http://www.maison-construction.com>
Surfaces du captage du soleil selon les façades
- Fig 23 : Simulation Confie- Pléiades (structure d'accueil)
Zonage thermique
- Fig 24 : Simulation Confie- Pléiades, salle des jeux (structure d'accueil)
Variation de la température en fonction des masques
- Fig 25 : Simulation Confie- Pléiades, salle des jeux (structure d'accueil)
Visualisation de l'effet du masque.
- Fig26 : Simulation confie-pléiades
Comparaison d'isolation
- Fig 27 : Simulation Confie- Pléiades
Visualisation de l'effet d'isolation par l'extérieur
- Fig 28 : Simulation Confie- Pléiades
Visualisation de l'effet d'isolation par l'intérieur
- Fig 29 : Simulation Confie-Pléiades Projet Structure d'accueil
Diagramme de Sankey
- Fig 30 : Simulation Confie-Pléiades Projet Structure d'accueil
Diagramme de Sankey
- Fig 31 : Simulation Confie-Pléiades Projet Structure d'accueil
Diagramme de Sankey
- Fig 32 : Simulation Confie Pléiades
Diagramme de Sankey de base



- Fig 33 : Simulation Confie Pléiades
Diagramme de Sankey Modification 01
- Fig 34 : Simulation Confie Pléiades
Diagramme de Sankey Modification 02
- Fig 35 : Variation de coefficient de forme
<http://www.energiepositive.info>
- Fig 36 : Modélisation avec Alcyone
Bâtiment de base
- Fig 37 : Modélisation avec Alcyone
Bâtiment après intervention
- Fig 38 : Simulation Confie-Pléiades (structure d'accueil)
Puits canadien
- Fig 39 : Simulation Confie-Pleiades (structure d'accueil)
Effet de la toiture végétalisée sur les températures intérieures
- Fig 40 : Simulation Confie-Pleiades
Toiture bois (Projet structure d'accueil)
- Fig 41 : Simulation Confie-Pleiades
Toiture végétalisée (Projet structure d'accueil)



Bibliographie

Alain LIEBARD , André DE HERDE (1996), Guide de l'architecture bioclimatique - Tome 2 - Cours fondamental : construire avec le climat, Systèmes solaires, Observ'ER - Habitat Solaire - Habitat d'Aujourd'hui, 1ère édition, 114 p.

Bassem MOUJALLED (2007), Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés, Thèse de doctorat de l'Institut des Sciences Appliquées de Lyon, ISAL-0005, 329p.

Direction générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction (2005), Réglementation Thermique 2005, des bâtiments confortables et performants.

Fadi CHLELA (2008), Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie, Thèse de doctorat de l'Université de La Rochelle 1,282p.

Jean-Pierre OLIVA, Samuel COURGEY (2006), La conception bioclimatique , Des maisons confortables et économes Guide, Terre Vivante, 250p.

Paul de Haut (2007), Chauffage, isolation et ventilation écologique, Eyrolles ,179 p.

Pierre TITTELEIN (2008), Environnements de simulation adaptés à l'étude du comportement énergétique des bâtiments basse consommation, Thèse de doctorat de l'université de Savoie, 220p.

Stéphane THIERS (2007), Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive, Thèse de doctorat de l'école nationale supérieure des mines de paris, ED n° 432, 252p.

Thierry SALOMON, Renaud MIKOLASEK, Bruno PEUPOORTIER, Outil de simulation thermique du bâtiment. CONFIE « journée thématique SFT-IBPSA ». 2005

Thierry SALOMON, Renaud MIKOLASEK, Stéphane BEDEL, Bruno PEUPOORTIER, PLEIADES + COMFIE, Logiciel de simulation thermique dynamique, Couple avec EQUER, Outil d'analyse d'impact environnemental.

Références électroniques

<http://www.ademe.fr>

<http://www-energie2.arch.ucl.ac.be>

www.certu.fr

Ces références ont été consultées le 26 Avril 2009.



Projet : Structure d'accueil Variante : Base initiale

Rapport d'analyse par simulation thermique dynamique



1/ Synthèse des résultats

Simulation de la semaine n°1 à la semaine n°52

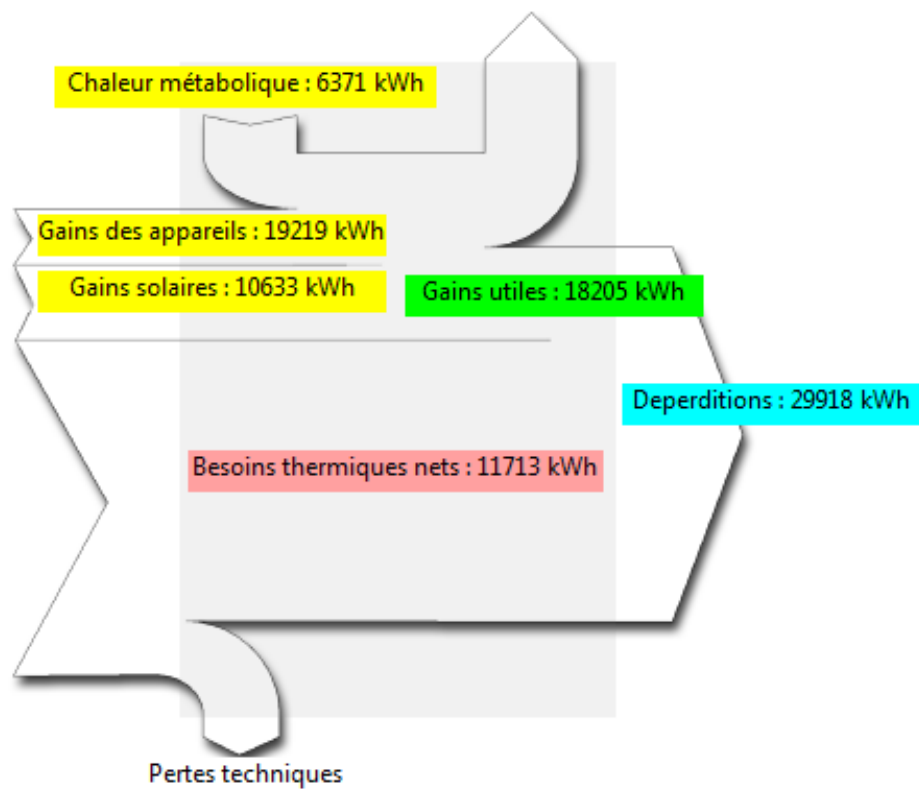
Zone	Besoins		Puissance	
	Chauffage kWh	Climatisation kWh	Chauffage W	Climatisation W
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	2214	0	6864	0
Salle de soins 1	198	0	1546	0
Salle Repos 1	543	0	2896	0
Local technique 1	0	0	0	0
Salle Repos 2	412	0	2340	0
Salle de Propreté 1	320	0	1577	0
Rangement 2	6	0	705	0
Dégagement dev Soins 1	163	0	2764	0
Sas+local poussettes 1	614	0	2219	0
Bureau Direction 1	468	0	2016	0
Salle d'éveil/Repas 1	1308	0	3366	0
Buanderie 1	348	0	1157	0
Entretien 1	3	0	616	0
Dégagement dev Dechet 1	138	0	1258	0
Détente personnel 1	209	0	1415	0
RAM 1	474	0	1945	0
Sanit.Hand 1	4	0	811	0
Vestiaires 1	439	0	1724	0
Dechets 1	0	1044	0	599
Cuisine 1	702	0	2402	0
Salle de Jeux 1	2676	0	6885	0
Atelier 1	473	0	1734	0
Rgt jeux Exterieur 1	0	0	0	0
Total	11712	1044		



Zone	Température		
	Minimum (°C)	Moyenne (°C)	Maximum (°C)
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	15.00	22.31	29.36
Salle de soins 1	15.00	23.16	30.09
Salle Repos 1	15.00	22.88	30.09
Local technique 1	9.84	23.54	29.83
Salle Repos 2	15.00	22.91	29.75
Salle de Propreté 1	15.00	22.68	28.97
Rangement 2	15.01	24.65	30.63
Dégagement dev Soins 1	15.00	22.99	29.39
Sas+local poussettes 1	15.00	22.20	28.89
Bureau Direction 1	15.00	22.51	29.36
Salle d'éveil/Repas 1	15.00	21.47	28.90
Buanderie 1	15.00	22.77	32.14
Entretien 1	15.55	25.47	31.12
Dégagement dev Dechet 1	15.19	22.47	28.90
Détente personnel 1	15.00	23.24	29.54
RAM 1	15.00	22.57	29.06
Sanit.Hand 1	15.48	25.78	31.53
Vestiaires 1	15.00	22.45	29.10
Dechets 1	11.34	16.88	22.15
Cuisine 1	15.00	22.06	28.33
Salle de Jeux 1	15.00	21.01	29.47
Atelier 1	15.00	21.81	28.34
Rgt jeux Exterieur 1	-7.11	12.68	40.55



Diagramme de Sankey





Valeurs mensuelles

Température minimale (°C)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	15.00	16.37	17.92	18.83	20.41	22.65	24.02	24.25	22.59	18.83	17.05	15.63
Salle de soins 1	15.00	17.65	18.90	19.88	21.78	24.44	25.93	25.99	23.85	20.06	18.20	16.91
Salle Repos 1	15.00	17.32	18.46	19.48	21.35	24.26	25.50	25.69	23.60	19.65	17.87	16.53
Local technique 1	9.84	19.06	19.97	20.89	22.74	25.91	26.57	27.08	25.14	21.39	19.64	18.38
Salle Repos 2	15.00	17.54	18.64	19.57	21.42	24.46	25.52	25.96	23.84	19.85	18.12	16.70
Salle de Propreté 1	15.00	16.85	18.40	19.36	20.96	22.79	24.16	24.48	23.14	19.41	17.64	16.17
Rangement 2	15.01	19.99	21.08	21.75	23.51	26.26	26.91	27.43	25.83	22.20	20.52	19.25
Dégagement dev Soins 1	15.00	17.69	18.93	19.75	21.50	24.01	25.10	25.50	23.70	19.97	18.32	16.94
Sas+local poussettes 1	15.00	16.19	17.79	18.66	20.24	22.47	23.99	24.24	22.39	18.76	16.94	15.49
Bureau Direction 1	15.00	16.49	18.06	19.02	20.77	23.01	24.63	24.74	22.84	19.08	17.25	15.55
Salle d'éveil/Repas 1	15.00	15.00	16.30	17.46	18.83	20.96	23.24	22.96	20.74	17.39	15.50	15.00
Buanderie 1	15.00	16.15	17.84	18.87	20.86	23.29	25.43	25.42	22.90	18.91	16.82	15.08
Entretien 1	15.55	21.20	22.24	22.99	24.65	26.77	27.01	27.61	26.60	23.37	21.71	20.68
Dégagement dev Dechet 1	15.19	16.76	18.14	19.08	20.79	22.86	24.25	24.45	22.90	19.28	17.46	15.90
Détente personnel 1	15.00	17.69	19.06	19.97	22.07	24.36	25.78	26.04	24.25	20.19	18.32	16.76
RAM 1	15.00	16.80	18.16	19.29	20.78	22.41	23.94	24.12	23.09	19.30	17.50	15.91
Sanit.Hand 1	15.48	21.37	22.35	23.07	24.88	27.53	28.05	28.60	27.22	23.60	21.91	20.71
Vestiaires 1	15.00	16.23	17.98	19.14	20.87	22.43	24.19	24.09	22.53	19.23	17.16	15.24
Dechets 1	11.79	12.65	13.85	15.79	17.26	18.00	18.00	18.00	18.00	16.38	13.38	11.34
Cuisine 1	15.00	16.37	17.82	18.76	20.35	22.51	23.83	24.11	22.18	18.79	17.04	15.50
Salle de Jeux 1	15.00	15.00	15.81	17.42	18.59	19.57	21.25	21.58	20.69	17.02	15.14	15.00
Atelier 1	15.00	15.64	16.99	18.44	19.76	20.84	22.42	22.88	21.84	18.08	16.31	15.40
Rgt jeux Exterieur 1	-2.99	-2.29	0.65	2.77	5.88	8.22	13.65	11.80	8.56	4.62	-2.32	-7.11
Extérieur	-4.46	-3.86	-1.86	0.24	2.64	5.14	10.44	9.24	5.04	1.44	-6.16	-9.86



Température moyenne (°C)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	18.89	19.25	19.99	21.07	23.80	25.37	26.65	26.33	25.46	21.79	19.69	18.47
Salle de soins 1	19.69	19.98	20.54	21.71	24.54	26.70	27.90	27.46	26.29	22.52	20.32	19.24
Salle Repos 1	19.38	19.70	20.22	21.28	24.15	26.49	27.83	27.34	26.01	22.22	20.04	18.94
Local technique 1	19.20	20.10	20.91	22.14	24.80	27.19	28.43	28.14	26.99	23.40	20.74	19.43
Salle Repos 2	19.47	19.78	20.27	21.24	24.02	26.42	27.75	27.41	26.09	22.33	20.13	19.04
Salle de Propreté 1	19.52	19.80	20.36	21.44	24.12	25.47	26.63	26.47	25.99	22.20	20.19	19.07
Rangement 2	21.09	21.62	22.31	23.36	25.86	27.80	28.95	28.69	27.86	24.35	22.10	20.87
Dégagement dev Soins 1	19.58	19.96	20.62	21.66	24.28	26.12	27.35	27.05	26.15	22.53	20.38	19.21
Sas+local poussettes 1	18.92	19.25	19.92	20.90	23.53	25.18	26.55	26.23	25.26	21.59	19.69	18.49
Bureau Direction 1	19.15	19.46	20.10	21.10	23.91	25.70	27.05	26.69	25.59	21.80	19.88	18.69
Salle d'éveil/Repas 1	18.32	18.56	19.35	20.20	22.54	24.42	26.09	25.61	24.15	20.56	19.08	17.86
Buanderie 1	18.73	19.11	20.01	21.36	24.67	26.65	28.04	27.73	26.09	21.97	19.57	18.31
Entretien 1	21.97	22.75	23.55	24.72	26.63	28.10	29.13	29.01	28.05	25.45	23.32	21.98
Dégagement dev Dechet 1	19.09	19.44	20.18	21.29	23.94	25.47	26.68	26.39	25.57	22.03	19.90	18.69
Détente personnel 1	19.71	20.02	20.58	21.86	25.03	26.60	27.64	27.41	26.58	22.86	20.37	19.27
RAM 1	19.44	19.72	20.35	21.37	23.97	25.13	26.38	26.20	26.13	22.08	20.14	18.99
Sanit.Hand 1	21.91	22.68	23.42	24.61	27.15	28.95	30.00	29.76	29.08	25.65	23.25	21.91
Vestiaires 1	19.03	19.37	20.08	21.38	24.27	25.48	26.69	26.34	25.30	22.03	19.87	18.60
Dechets 1	14.16	14.49	16.14	17.94	17.98	18.00	18.00	18.00	18.00	19.15	15.81	14.12
Cuisine 1	19.03	19.34	19.93	20.88	23.39	24.97	26.18	25.81	24.66	21.37	19.73	18.57
Salle de Jeux 1	18.15	18.34	19.21	20.41	22.35	22.97	24.18	24.30	24.50	20.29	18.86	17.68
Atelier 1	18.91	19.14	19.86	21.04	23.25	24.00	25.17	25.17	25.17	21.09	19.60	18.44
Rgt jeux Extérieur 1	3.03	4.46	8.53	11.90	16.95	20.23	22.81	22.34	17.62	12.77	6.56	3.90
Extérieur	1.97	2.75	6.26	8.91	13.46	16.48	19.00	18.91	14.77	10.79	5.22	2.95



Température maximale (°C)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	21.00	21.07	21.73	23.85	27.10	28.00	29.12	29.36	28.30	25.08	21.31	21.00
Salle de soins 1	21.00	21.00	21.60	23.75	27.56	28.90	30.09	29.48	27.76	24.29	21.39	21.22
Salle Repos 1	21.00	21.00	21.21	23.34	27.24	28.80	30.09	29.41	27.47	24.19	21.07	21.00
Local technique 1	20.49	20.76	21.67	23.52	27.32	28.59	29.83	29.40	28.10	25.12	21.70	21.46
Salle Repos 2	21.00	21.00	21.09	23.14	26.95	28.53	29.75	29.25	27.31	24.24	21.01	21.00
Salle de Propreté 1	21.00	21.03	21.53	23.84	26.96	28.07	28.92	28.97	28.19	25.55	21.25	21.03
Rangement 2	22.44	22.60	23.18	25.08	28.58	29.55	30.63	30.28	28.94	26.18	23.17	23.00
Dégagement dev Soins 1	21.22	21.31	21.69	23.63	27.19	28.31	29.39	29.00	27.84	24.78	21.70	21.58
Sas+local poussettes 1	21.00	21.00	21.09	23.26	26.55	27.77	28.89	28.85	27.67	23.86	21.09	21.00
Bureau Direction 1	21.00	21.00	21.01	23.35	26.88	28.26	29.36	29.01	27.61	23.72	21.00	21.00
Salle d'éveil/Repas 1	21.00	21.00	21.00	22.73	25.81	27.51	28.90	28.72	26.89	22.32	21.00	21.00
Buanderie 1	21.00	21.32	23.23	24.79	28.27	30.27	31.30	32.14	29.09	25.33	21.16	21.00
Entretien 1	23.61	23.81	24.61	26.48	29.20	30.17	31.12	30.95	29.64	27.00	24.52	24.32
Dégagement dev Dechet 1	21.00	21.09	21.50	23.79	26.94	27.91	28.88	28.90	27.96	24.67	21.38	21.33
Détente personnel 1	21.00	21.00	21.44	24.11	27.91	28.66	29.54	29.29	28.14	24.66	21.32	21.20
RAM 1	21.00	21.00	21.91	23.54	26.67	27.63	28.60	28.69	29.06	24.31	21.06	21.02
Sanit.Hand 1	23.34	23.55	24.31	26.31	29.81	30.60	31.53	31.19	30.06	27.39	24.31	24.08
Vestiaires 1	21.00	21.00	21.15	24.05	27.24	28.23	29.10	29.03	27.39	23.85	21.01	21.00
Dechets 1	17.80	16.33	17.90	21.11	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	22.15	17.85	18.41
Cuisine 1	21.00	21.00	21.00	23.00	26.22	27.38	28.33	27.86	26.33	22.92	21.00	21.00
Salle de Jeux 1	21.00	20.99	22.70	23.90	25.79	26.28	26.99	28.54	29.47	23.39	20.99	21.00
Atelier 1	21.00	20.99	21.16	23.96	26.40	27.29	27.66	28.23	28.34	23.19	20.99	21.00
Rgt jeux Extérieur 1	13.55	19.46	24.78	29.00	32.85	33.94	37.95	40.55	33.67	30.66	17.17	15.38
Extérieur	11.14	12.34	14.64	25.04	27.14	27.24	31.94	31.44	27.94	20.94	14.74	15.24



Besoins de chauffage (kWh)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	644	407	216	62	0	0	0	0	0	41	367	471
Salle de soins 1	72	40	12	1	0	0	0	0	0	1	29	44
Salle Repos 1	174	105	50	9	0	0	0	0	0	5	86	113
Local technique 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salle Repos 2	133	80	39	9	0	0	0	0	0	4	63	84
Salle de Propreté 1	99	62	30	8	0	0	0	0	0	4	49	66
Rangement 2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dégagement dev Soins 1	80	30	5	0	0	0	0	0	0	0	13	34
Sas+local poussettes 1	169	116	69	27	0	0	0	0	0	14	99	119
Bureau Direction 1	135	90	48	16	0	0	0	0	0	9	75	94
Salle d'éveil/Repas 1	326	230	152	73	2	0	0	0	0	58	211	251
Buanderie 1	109	68	26	6	0	0	0	0	0	5	57	77
Entretien 1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dégagement dev Dechet 1	51	29	7	2	0	0	0	0	0	1	16	31
Détente personnel 1	74	43	13	1	0	0	0	0	0	1	30	46
RAM 1	139	93	45	15	0	0	0	0	0	9	76	95
Sanit.Hand 1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vestiaires 1	131	86	42	10	0	0	0	0	0	7	70	92
Dechets 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuisine 1	198	133	77	24	0	0	0	0	0	16	114	140
Salle de Jeux 1	666	481	288	122	5	0	0	0	0	146	441	519
Atelier 1	133	91	49	15	0	0	0	0	0	13	77	94
Rgt jeux Exterieur 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3346	2184	1167	400	7	0	0	0	0	336	1873	2368



Besoins de rafraîchissement (kWh)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salle de soins 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salle Repos 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Local technique 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salle Repos 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salle de Propreté 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rangement 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dégagement dev Soins 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sas+local poussettes 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bureau Direction 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salle d'éveil/Repas 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buanderie 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entretien 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dégagement dev Dechet 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Détente personnel 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RAM 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanit.Hand 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vestiaires 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dechets 1	0	0	0	3	132	200	271	262	172	0	0	0
Cuisine 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salle de Jeux 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atelier 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rgt jeux Exterieur 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	3	132	200	271	262	172	0	0	0



Synthèses

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Année	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	2214	29	0	0	6864	0	15	22,31	29,36
Salle de soins 1	198	15	0	0	1546	0	15	23,16	30,09
Salle Repos 1	543	19	0	0	2896	0	15	22,88	30,09
Local technique 1	0	0	0	0	0	0	9,84	23,54	29,83
Salle Repos 2	412	20	0	0	2340	0	15	22,91	29,75
Salle de Propreté 1	320	25	0	0	1577	0	15	22,68	28,97
Rangement 2	6	1	0	0	705	0	15,01	24,65	30,63
Dégagement dev Soins 1	163	5	0	0	2764	0	15	22,99	29,39
Sas+local poussettes 1	614	30	0	0	2219	0	15	22,2	28,89
Bureau Direction 1	468	35	0	0	2016	0	15	22,51	29,36
Salle d'éveil/Repas	1308	43	0	0	3366	0	15	21,47	28,9
Buanderie 1	348	22	0	0	1157	0	15	22,77	32,14
Entretien 1	3	1	0	0	616	0	15,55	25,47	31,12
Dégagement dev Dechet 1	138	10	0	0	1258	0	15,19	22,47	28,9
Détente personnel 1	209	18	0	0	1415	0	15	23,24	29,54
RAM 1	474	39	0	0	1945	0	15	22,57	29,06
Sanit.Hand 1	4	1	0	0	811	0	15,48	25,78	31,53
Vestiaires 1	439	34	0	0	1724	0	15	22,45	29,1
Dechets 1	0	0	1044	104	0	599	11,34	16,88	22,15
Cuisine 1	702	27	0	0	2402	0	15	22,06	28,33
Salle de Jeux 1	2676	37	0	0	6885	0	15	21,01	29,47
Atelier 1	473	33	0	0	1734	0	15	21,81	28,34
Rgt jeux Exterieur 1	0	0	0	0	0	0	-7,11	12,68	40,55
Total	11713	27	1044	104	46240	599	0	0	0



2/ Indices

Zone	Apports solaires bruts kWh	Besoins Chaud+Froid kWh/m ³	Moyenne Surchauffe max 1/10°C	Amplification de température extérieure %	Taux d'inconfort %	Part de besoins nets %	Déperditions kWh
Hall Vestiaires 1+Vide sur hall vestiaires 1	3316	7.18	11.05	30.64	12.38	41.93	5279
Salle de soins 1	313	5.63	15.17	19.65	24.27	23.92	828
Salle Repos 1	632	7.05	14.89	22.41	21.38	33.67	1614
Local technique 1	0	0.00	12.92	5.85	0.00	0.00	0
Salle Repos 2	316	7.37	13.81	19.04	19.54	31.76	1299
Salle de Propreté 1	237	9.14	9.13	24.91	11.92	33.13	966
Rangement 2	0	0.51	15.71	10.93	35.15	2.30	262
Dégagement dev Soins 1	0	1.98	12.07	20.02	18.77	13.38	1217
Sas+local poussettes 1	275	10.78	9.91	28.47	8.92	43.12	1423
Bureau Direction 1	325	12.86	12.01	25.06	12.58	38.78	1208
Salle d'éveil/Repas 1	927	15.53	10.27	38.95	6.96	52.68	2483
Buanderie 1	571	8.06	20.37	34.38	28.12	31.45	1106
Entretien 1	0	0.19	17.70	12.66	37.88	1.23	240
Dégagement dev Dechet 1	0	3.82	8.77	26.75	11.35	21.02	655
Détente personnel 1	200	6.43	12.74	18.82	26.50	24.46	855
RAM 1	274	14.14	10.97	25.41	10.04	38.93	1216
Sanit.Hand 1	0	0.32	23.34	8.81	39.23	1.57	273
Vestiaires 1	459	12.33	10.23	28.78	12.00	34.42	1276
Dechets 1	0	38.01	0.00	8.77	0.00	0.00	0
Cuisine 1	567	10.04	7.32	26.44	5.15	40.55	1732
Salle de Jeux 1	1858	13.41	11.95	42.28	1.92	55.34	4836
Atelier 1	363	12.17	6.47	31.76	2.96	41.19	1148
Rgt jeux Exterieur 1	0	0.00	75.78	126.11	0.00	0.00	0



Projet : HOPITAL BUSSANG
Variante : Base1

Rapport d'analyse par simulation thermique
dynamique



1/ Synthèse des résultats

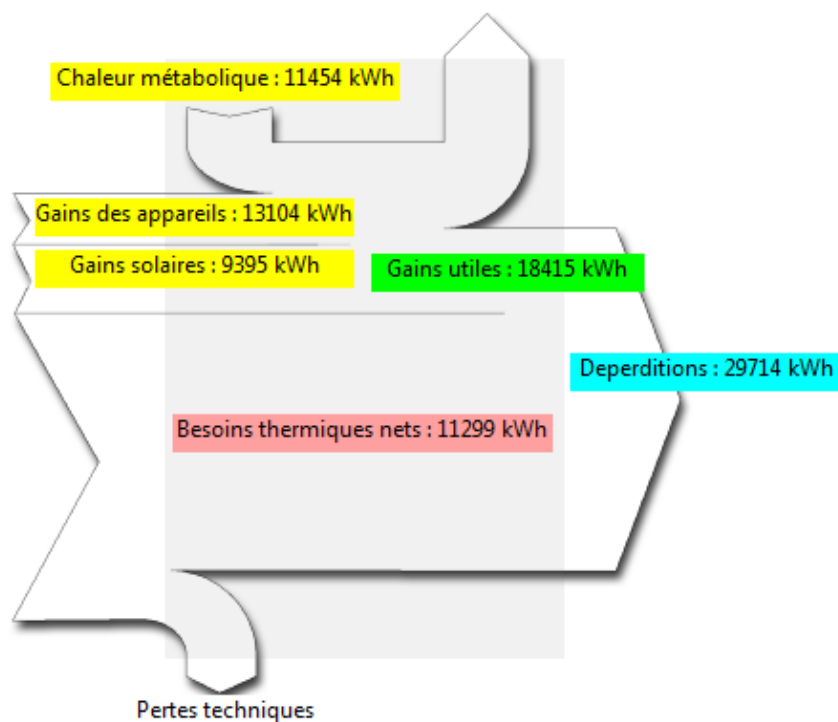
Simulation de la semaine n°1 à la semaine n°52

Zone	Besoins		Puissance	
	Chauffage kWh	Climatisation kWh	Chauffage W	Climatisation W
Déambulation 1	7179	0	12393	0
Chambre 09 1	345	0	2151	0
Sanit.09 1	20	0	653	0
Chambre 10 1	312	0	2070	0
Sanit. 10 1	12	0	706	0
Chambre 11 1	332	0	2082	0
Sanit. 11 1	11	0	682	0
Accueil Jour 1	424	0	1763	0
Sanitaires résidents 1	85	0	961	0
Sanitaires résidents handicapé 1	56	0	821	0
Rangement	1446	0	3564	0
Chambre 12 1	337	0	2058	0
Sanit. 12 1	18	0	674	0
Chambre 13 1	592	0	2107	0
Sanit. 13 1	129	0	771	0
Total	11298	0		



Zone	Température		
	Minimum (°C)	Moyenne (°C)	Maximum (°C)
Déambulation 1	15.00	21.58	29.01
Chambre 09 1	15.00	22.61	29.61
Sanit.09 1	15.61	23.52	30.28
Chambre 10 1	15.00	22.77	29.88
Sanit. 10 1	15.58	23.86	30.63
Chambre 11 1	15.00	22.73	29.70
Sanit. 11 1	15.56	23.83	30.61
Accueil Jour 1	15.00	22.18	29.25
Sanitaires résidents 1	15.27	22.53	29.81
Sanitaires résidents handicapé 1	15.50	22.86	29.93
Rangement	15.00	21.52	28.56
Chambre 12 1	15.00	22.69	29.74
Sanit. 12 1	15.57	23.67	30.47
Chambre 13 1	15.00	22.22	29.37
Sanit. 13 1	15.13	22.84	30.05

Diagramme de Sankey





Valeurs mensuelles

Température minimale (°C)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Déambulation 1	15.00	15.60	17.09	18.02	18.75	21.02	23.50	22.91	18.83	18.00	15.47	15.00
Chambre 09 1	15.00	17.29	18.68	19.53	20.21	22.37	24.75	24.29	20.19	19.56	17.25	16.45
Sanit.09 1	15.61	19.07	20.16	20.90	21.45	23.52	25.84	25.49	21.32	20.91	19.01	18.10
Chambre 10 1	15.00	17.49	18.91	19.77	20.46	22.61	24.96	24.55	20.39	19.77	17.41	16.65
Sanit. 10 1	15.58	19.47	20.56	21.34	21.91	23.94	26.25	25.95	21.71	21.30	19.43	18.55
Chambre 11 1	15.00	17.51	18.88	19.72	20.40	22.55	24.91	24.49	20.32	19.72	17.42	16.62
Sanit. 11 1	15.56	19.34	20.51	21.29	21.86	23.88	26.17	25.91	21.66	21.25	19.32	18.53
Accueil Jour 1	15.00	16.53	18.06	18.83	19.49	21.66	24.18	23.60	19.49	18.84	16.41	15.51
Sanitaires résidents 1	15.27	17.06	18.42	19.32	20.10	22.27	24.70	24.21	20.08	19.39	17.03	16.30
Sanit.résidents handicapé 1	15.50	17.53	18.89	19.78	20.45	22.60	25.06	24.54	20.37	19.77	17.47	16.75
Rangement	15.00	16.02	17.22	18.09	18.78	21.06	23.48	22.99	19.03	18.27	16.11	15.01
Chambre 12 1	15.00	17.47	18.82	19.60	20.30	22.44	24.82	24.38	20.25	19.64	17.35	16.52
Sanit. 12 1	15.57	19.11	20.36	21.11	21.65	23.67	26.00	25.70	21.45	21.06	19.07	18.22
Chambre 13 1	15.00	16.77	18.14	18.89	19.75	21.95	24.38	23.97	19.89	18.98	16.76	15.79
Sanit. 13 1	15.13	17.87	19.03	19.79	20.69	22.86	25.32	24.97	20.78	19.93	17.93	16.91
Extérieur	-4.30	-3.70	-1.70	0.40	2.80	5.30	10.60	9.40	5.20	1.60	-6.00	-9.70

Température moyenne (°C)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Déambulation 1	18.71	19.08	19.98	21.25	21.90	23.91	26.30	25.68	22.26	21.12	19.42	18.39
Chambre 09 1	19.66	20.09	21.03	22.34	22.95	24.91	27.26	26.68	23.40	22.34	20.40	19.31
Sanit.09 1	20.60	21.02	21.93	23.18	23.85	25.81	28.15	27.58	24.39	23.20	21.34	20.26
Chambre 10 1	19.74	20.16	21.16	22.57	23.16	25.12	27.47	26.88	23.60	22.55	20.48	19.39
Sanit. 10 1	20.77	21.23	22.25	23.63	24.27	26.20	28.55	27.96	24.77	23.63	21.59	20.45
Chambre 11 1	19.76	20.17	21.13	22.55	23.11	25.03	27.38	26.80	23.54	22.48	20.47	19.40
Sanit. 11 1	20.78	21.24	22.23	23.62	24.24	26.15	28.50	27.92	24.71	23.58	21.57	20.45
Accueil Jour 1	19.35	19.75	20.68	22.02	22.44	24.38	26.75	26.15	22.79	21.90	20.05	18.98
Sanitaires résidents 1	19.55	19.93	20.85	22.14	22.94	24.95	27.32	26.72	23.38	22.10	20.30	19.25
Sanit.résidents handicapé 1	19.98	20.37	21.25	22.50	23.20	25.19	27.56	26.96	23.62	22.41	20.70	19.64
Rangement	19.00	19.30	19.97	20.89	21.58	23.68	26.04	25.49	22.24	20.90	19.62	18.65
Chambre 12 1	19.73	20.15	21.11	22.49	23.05	25.00	27.36	26.77	23.48	22.46	20.44	19.35
Sanit. 12 1	20.66	21.11	22.09	23.43	24.05	25.98	28.33	27.75	24.53	23.40	21.44	20.31
Chambre 13 1	19.37	19.71	20.53	21.78	22.55	24.56	26.94	26.40	23.13	21.78	20.01	19.00
Sanit. 13 1	19.89	20.19	20.89	22.16	23.30	25.37	27.75	27.23	23.99	22.34	20.47	19.52
Extérieur	2.13	2.91	6.42	9.07	13.62	16.64	19.16	19.07	14.93	10.95	5.38	3.10



Température maximale (°C)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Déambulation 1	21.00	21.02	22.49	25.61	24.07	26.57	29.01	28.61	25.05	24.82	21.00	21.00
Chambre 09 1	22.07	23.06	24.34	26.18	25.48	27.15	29.61	29.15	25.88	26.71	22.90	21.86
Sanit.09 1	21.96	22.60	23.58	26.09	25.46	27.82	30.28	29.63	26.99	25.86	22.81	22.50
Chambre 10 1	22.06	23.35	24.36	26.60	25.14	27.34	29.88	29.29	26.10	26.76	22.90	21.88
Sanit. 10 1	22.12	22.86	23.78	26.67	25.82	28.16	30.63	29.94	27.41	26.37	23.04	22.72
Chambre 11 1	22.13	23.22	24.43	26.57	25.55	27.25	29.70	29.19	26.00	26.66	22.67	21.91
Sanit. 11 1	22.22	22.88	23.90	26.71	25.82	28.15	30.61	29.91	27.36	26.31	23.06	22.72
Accueil Jour 1	22.07	23.42	24.54	26.49	25.35	26.73	29.25	28.74	25.36	26.66	22.69	21.78
Sanitaires résidents 1	21.39	21.66	22.76	25.75	24.94	27.36	29.81	29.37	25.95	25.22	21.82	21.81
Sanitaires résidents handicapé 1	21.83	21.95	22.97	25.83	25.05	27.49	29.93	29.40	26.15	25.29	22.09	22.12
Rangement	21.00	21.00	21.11	24.09	23.62	25.98	28.56	28.01	24.71	23.53	21.00	21.00
Chambre 12 1	22.07	23.37	24.55	26.63	25.50	27.25	29.74	29.21	25.97	26.67	22.92	21.96
Sanit. 12 1	22.04	22.86	23.87	26.52	25.64	27.99	30.47	29.80	27.17	26.19	23.00	22.50
Chambre 13 1	21.19	22.39	23.41	25.57	24.71	26.85	29.37	28.90	25.59	25.84	21.81	21.37
Sanit. 13 1	21.00	21.52	22.25	25.13	25.14	27.51	30.05	29.47	26.59	25.23	21.57	21.69
Extérieur	11.30	12.50	14.80	25.20	27.30	27.40	32.10	31.60	28.10	21.10	14.90	15.40

Besoins de chauffage (kWh)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Déambulation 1	1865	1325	693	245	5	0	0	0	0	278	1164	1584
Chambre 09 1	112	66	22	5	0	0	0	0	0	3	50	84
Sanit.09 1	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Chambre 10 1	108	62	15	3	0	0	0	0	0	2	43	79
Sanit. 10 1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Chambre 11 1	113	66	17	3	0	0	0	0	0	2	47	83
Sanit. 11 1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Accueil Jour 1	124	80	34	11	0	0	0	0	0	9	65	100
Sanitaires résidents 1	28	16	6	2	0	0	0	0	0	1	11	21
Sanitaires résidents handicapé 1	20	11	3	0	0	0	0	0	0	0	7	14
Rangement	349	260	175	73	3	0	0	0	0	69	225	289
Chambre 12 1	112	66	18	4	0	0	0	0	0	3	48	84
Sanit. 12 1	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
Chambre 13 1	168	114	53	16	0	0	0	0	0	12	92	136
Sanit. 13 1	44	27	7	1	0	0	0	0	0	1	17	32
Total	3078	2101	1042	363	8	0	0	0	0	380	1772	2524



Besoins de rafraîchissement (kWh)

Zone	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Déambulation 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chambre 09 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanit.09 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chambre 10 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanit. 10 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chambre 11 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanit. 11 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Accueil Jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanitaires résidents 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanitaires résidents handicapé 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rangement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chambre 12 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanit. 12 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chambre 13 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanit. 13 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Synthèses

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Déambulation	7179	43	0	0	12393	0	15	21,58	29,01
Chambre 09 1	345	21	0	0	2151	0	15	22,61	29,61
Sanit.09 1	20	5	0	0	653	0	15,61	23,52	30,28
Chambre 10 1	312	19	0	0	2070	0	15	22,77	29,88
Sanit. 10 1	12	3	0	0	706	0	15,58	23,86	30,63
Chambre 11 1	332	20	0	0	2082	0	15	22,73	29,7
Sanit. 11 1	11	3	0	0	682	0	15,56	23,83	30,61
Accueil Jour 1	424	33	0	0	1763	0	15	22,18	29,25
Sanitaires résidents 1	85	12	0	0	961	0	15,27	22,53	29,81
Sanit.résidents handicapé 1	56	11	0	0	821	0	15,5	22,86	29,93
Rangement	1446	48	0	0	3564	0	15	21,52	28,56
Chambre 12 1	337	20	0	0	2058	0	15	22,69	29,74
Sanit. 12 1	18	4	0	0	674	0	15,57	23,67	30,47
Chambre 13 1	592	36	0	0	2107	0	15	22,22	29,37
Sanit. 13 1	129	28	0	0	771	0	15,13	22,84	30,05
Total	11299	34	0	0	33455	0	0	0	0



2/ Indices

Zone	Apports solaires bruts kWh	Besoins Chaud+Froid kWh/m ³	Moyenne Surchauffe max 1/10°C	Amplification de température extérieure %	Taux d'inconfort %	Part de besoins nets %	Dépén-ditions kWh
Déambulation 1	6229	15.45	11.42	43.07	3.75	48.09	14927
Chambre 09 1	462	6.15	14.57	31.29	7.96	25.36	1359
Sanit.09 1	0	1.50	18.49	20.53	13.77	4.86	418
Chambre 10 1	469	5.56	16.09	29.45	9.04	22.84	1367
Sanit. 10 1	0	0.88	22.08	18.36	16.70	2.99	406
Chambre 11 1	486	5.88	15.18	29.32	8.56	23.41	1420
Sanit. 11 1	0	0.82	21.70	18.94	16.40	2.93	386
Accueil Jour 1	494	9.60	12.93	37.04	5.57	30.77	1378
Sanitaires résidents 1	0	3.37	17.00	32.18	8.25	15.63	542
Sanitaires résidents handicapé 1	0	3.54	17.12	32.14	9.55	12.39	454
Rangement	299	14.84	8.22	37.57	2.82	50.06	2889
Chambre 12 1	506	6.07	15.11	30.41	8.46	24.18	1392
Sanit. 12 1	0	1.32	20.19	19.89	15.01	4.31	416
Chambre 13 1	450	10.80	13.31	32.51	6.43	34.47	1718
Sanit. 13 1	0	9.17	16.54	22.08	11.01	20.14	640



Définition :

- **Local** : Un local est un volume totalement séparé de l'extérieur ou d'autres volumes par des parois fixes ou mobiles.
- **Espace chauffé** : Est considéré comme local chauffé, un local ou volume fermé chauffé à une température supérieure à 12 °C en période d'occupation.
- **Paroi opaque isolée** : Paroi opaque dont le coefficient de transmission thermique U n'exécède pas $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ soit une résistance totale minimale égale à $2 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$.
- **Paroi transparente ou translucide** : Paroi dont le facteur de transmission lumineux (hors protection mobile éventuelle) est égal ou supérieur à 0.05. Dans le cas contraire elle est dite opaque.
- **Paroi verticale ou horizontale** : Une paroi est dite verticale lorsque l'angle de cette paroi avec le plan horizontal est supérieur ou égal à 60 degrés, elle est dite horizontale lorsque cet angle est inférieur à 60 degrés.
- **Liaisons périphériques** : Liaisons situées au pourtour d'une paroi donnée.
- **Liaisons intermédiaires** : Liaisons situées à l'intérieur du pourtour d'une paroi donnée.
- **Flux thermique en W** : Quantité de chaleur transmise à (ou fournie par) un système, divisée par le temps.
- **Conductivité thermique (λ , Lda), en $W/(\text{m.K})$** : Flux thermique par mètre carré, traversant un mètre d'épaisseur de matériau pour une différence de température d'un Kelvin entre les deux faces de ce matériau.
- **Coefficient de déperdition par transmission H , en W/K** : Flux thermique cédé par transmission entre l'espace chauffé et l'extérieur, pour une différence de température d'un Kelvin entre les deux ambiances. Les températures intérieure et extérieure, sont supposées uniformes.
- **Coefficient de transmission surfacique U , en $W/(\text{m}^2.\text{K})$** : Flux thermique en régime stationnaire par unité de surface, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.
- **Coefficient de transmission linéique Y , en $W/(\text{m.K})$** : Flux thermique en régime stationnaire par unité de longueur, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.
- **Coefficient de transmission ponctuel X , en W/K** : Flux thermique en régime stationnaire ramené à un point, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.
- **Coefficient de transmission surfacique "équivalent" d'une paroi U_e , en $W/(\text{m}^2.\text{K})$** : Coefficient de transmission surfacique tenant compte à la fois des caractéristiques intrinsèques de la paroi et de son environnement (sol, vide sanitaire, sous-sol non chauffé ...)



- **Résistance thermique R , en $m^2.K/W$** : Inverse du flux thermique à travers un mètre carré d'un système pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces de ce système.
- **Résistance superficielle R_s (R_{si} et R_{se}), en $m^2.K/W$** : Inverse du flux thermique passant par mètre carré de paroi, de l'ambiance à la paroi pour une différence de température d'un kelvin entre celles-ci.
- **Pont thermique intégré** : Élément intégré dans la paroi. Donnant lieu à des déperditions thermiques supplémentaires.
- **Plancher bas** : Paroi horizontale (angle $< 60^\circ$) donnant sur un local chauffé uniquement sur sa face supérieure (voir croquis ci-dessous).
- **Plancher intermédiaire** : Paroi horizontale (angle $< 60^\circ$) donnant, sur ses faces inférieures et supérieures, sur des locaux chauffés (voir croquis ci-dessous).
- **Plancher haut** : Paroi horizontale (angle $< 60^\circ$) donnant sur un local chauffé uniquement sur sa face inférieure (voir croquis ci-dessous)

-Définition Surfaces

SHOB : Surface de planchers, au nu extérieur des murs.

SHON : SHOB – (surface comble et sous-sol non aménageable, surface non closes, surface stationnement, surface isolation).

SHAB : SHOB – (surface comble et sous-sol non aménageable, surface non closes, surface stationnement, surface murs et cloisons, surface vérandas).

-Définition Energies

Énergie utile : Besoin énergétique brut bilan énergétique de la construction

Énergie finale : Consommation énergétique énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer,...).

Énergie primaire : Coût énergétique global consommation finale + pertes + consommation des producteurs et des transformateurs d'énergie.

-Ubât en W/m^2K

Les déperditions thermiques du bâti : c'est la quantité de W qui traverse $1 m^2$ de paroi donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé pour $1^\circ K$ d'écart de part et d'autre. Cette valeur représente une moyenne pour toutes les parois déperditives de la maison.

-Cep en $kWh/m^2/an$

La consommation conventionnelle d'énergie primaire : elle concerne le chauffage – le rafraîchissement - la production d'eau chaude - la ventilation - l'éclairage.



-L'énergie primaire est la quantité totale d'énergie nécessaire y compris pour sa production, ce n'est pas celle que l'on retrouve on compteur.

La consommation conventionnelle permet de vérifier la conformité à la norme mais n'est pas utilisée pour calculer les consommations en Euro.

- Tic en °C

La température intérieure conventionnelle atteinte en été : cette température d'été dépend des données météo, de l'orientation de la maison et de la présence de volets sur les fenêtres.

-L'inertie thermique d'un bâtiment :

C'est sa capacité à stocker de la chaleur dans ses murs, ses planchers, etc.

Plus l'inertie d'un bâtiment est forte, plus il se réchauffe et se refroidit lentement.



Symbole :

Symbole	Grandeurs	Unités
U	Coefficient de transmission surfacique	W/(m ² .K)
Y (Ψ)	Coefficient de transmission linéique (pont thermique)	W/(m.K)
X (χ)	Coefficient de transmission ponctuel (pont thermique)	W/K
R	Résistance thermique	m ² .K/W
R_{si}	Résistance thermique superficielle coté intérieur	m ² .K/W
R_{se}	Résistance thermique superficielle coté extérieur	m ² .K/W
Lda (λ)	Coefficient de conductivité thermique (coefficient Lambda)	W/(m.K)
e	Épaisseur	m
A	Surface	m ²
l,L	Largeur, Longueur	m
T	Température	K
b	Coefficient de réduction de température	-
D	Coefficient de déperdition thermique (multiplié par le DeltaT intérieur/extérieur, il donnera les déperditions totales en W)	W/K
Q	Débit d'air entrant dans le local	m ³ /h
q	Débit d'air entrant par m ² de paroi	(m ³ /h)/m ²
SH	Surface habitable	m ²
a	Coefficient de référence	W/(m ² .K)
H_T	Coefficient de déperdition thermique par transmission entre le volume chauffé d'une part et l'extérieur, le sol et les locaux non chauffés d'autre part.	W/K
H_D	Coefficient de déperdition thermique par transmission à travers les parois donnant directement sur l'extérieur (voir croquis ci-dessous)	W/K
H_S	Coefficient de déperdition thermique par transmission à travers les parois en contact direct avec le sol, un vide sanitaire ou un sous-sol non chauffé (voir croquis ci-dessous)	W/K
H_U	Coefficient de déperdition thermique par transmission à travers les parois donnant sur des locaux non chauffés (à l'exception des sous-sols et vides sanitaires) (voir croquis ci-dessous)	W/K
H_V	Coefficient de déperdition thermique par renouvellement d'air	W/K