



enviroB.A.T.
méditerranée

Bâtiment & Aménagement du Territoire

[Accueil du site](#) > [Ressources libres](#) > [Supports de cours](#)

THERMIQUE ET CONSTRUCTION DURABLE

Daniel Fauré

Cours 2 et 3

Document à
télécharger



THERMIQUE ET CONSTRUCTION DURABLE

ENSA Montpellier – Semestre 2

15 février 2007

**Cours 2 et 3 : Les échanges thermiques dans le
bâtiment, un déséquilibre permanent : théorie**

Daniel FAURE - 15 février 2007 -

Au départ l'énergie...

Le big bang a créé l'univers : celui-ci est composé d'une grosse quantité d'énergie de plusieurs natures :

- **La chaleur : du sol, du soleil, des volcans**

Au départ l'énergie...

Le big bang a créé l'univers : celui-ci est composé d'une grosse quantité d'énergie de plusieurs natures :

- **La chaleur : du sol, du soleil, des volcans**
- **Les masses en mouvement : vent, rivières, marées (grâce au soleil et à l'attraction)**

Au départ l'énergie...

Le big bang a créé l'univers : celui-ci est composé d'une grosse quantité d'énergie de plusieurs natures :

- **La chaleur : du sol, du soleil, des volcans**
- **Les masses en mouvement : vent, rivières, marées (grâce au soleil et à l'attraction)**
- **L'énergie chimique : bois, charbon, pétrole**

Au départ l'énergie...

Le big bang a créé l'univers : celui-ci est composé d'une grosse quantité d'énergie de plusieurs natures :

- **La chaleur : du sol, du soleil, des volcans**
- **Les masses en mouvement : vent, rivières, marées (grâce au soleil et à l'attraction)**
- **L'énergie chimique : bois, charbon, pétrole**
- **l'énergie atomique : uranium, plutonium, etc**

Au départ l'énergie...

Le big bang a créé l'univers : celui-ci est composé d'une grosse quantité d'énergie de plusieurs natures :

- **La chaleur : du sol, du soleil, des volcans**
- **Les masses en mouvement : vent, rivières, marées (grâce au soleil et à l'attraction)**
- **L'énergie chimique : bois, charbon, pétrole**
- **l'énergie atomique : uranium, plutonium, etc**
- **l'énergie électrique : foudre, électricité....la seule non-stockable !**

Au départ l'énergie...

Les unités d'énergie :

- **La calorie, kilocalorie**
- **Le joule, kilojoule**
- **le Wattheure ou Wh et le kWh**

L'erreur la plus fréquente : le kW/h n'existe pas (un article de journal sur 2 !!!)

Et le temps...

L'énergie sans le temps ne représente rien...

- **1 kWh de chaleur dans une chambre sur ½ heure, ça chauffe**
- **Sur 2 jours, c'est insignifiant**
- **Unités de temps : seconde, minute, heure, jour, semaine, mois, année, siècle, millénaire....**

Et le temps...

L'énergie s'écoule comme l'eau d'une rivière... plus il y a de pente plus l'énergie file.....et plus c'est puissant ! (Itaipu au Brésil)



La puissance...

La puissance, c'est donc de l'énergie qui s'écoule sur un temps donné :

- $P = E/t$
- avec P en Watt ou kiloWatt (W ou kW)
- E en Wattheure ou kiloWattheure (Wh ou kWh)
- t en heure (h)

- Et donc $E = P * t$

Analysons 5 exemples.....à vos calculettes

Exemples...

Un vitrage...

- Une vitre de 2 m² reçoit 6 kWh de soleil en 3 h. Puissance moyenne du soleil ?

Exemples...

Un vitrage...

- Une vitre de 2 m² reçoit 6 kWh de soleil en 3 h. Puissance moyenne du soleil ?
- **1 kW ou 1000 W (réel !)**

Exemples...

Un étudiant...

■ **Un étudiant dans un amphi
dégage 100 W. Puissance dégagée
par 180 étudiants. Energie dégagée
en 2 h**

Exemples...

Un étudiant...

- Un étudiant dans un amphi dégage 100 W. Puissance dégagée par 180 étudiants. Energie dégagée en 2 h
- 18 kW.....et 36 kWh

Exemples...

Un simple vitrage...

- **Un simple vitrage de 10 m² perd 100 W/m² en hiver. Energie perdue en 4 h?**

Exemples...

Un simple vitrage...

- Un simple vitrage de 10 m^2 perd 100 W/m^2 en hiver. Energie perdue en 4 h?
- **4 000 Wh ou 4 kWh**

Exemples...

Un mur hyper isolé...

■ **Un mur hyperisolé de 100 m² perd 4 W/m² en hiver. Energie perdue en 4 h?**

Exemples...

Un mur hyper isolé...

- Un mur hyperisolé de 100 m^2 perd 4 W/m^2 en hiver. Energie perdue en 4 h?
- **1 600 Wh** ou **1,6 kWh**

Dernier exemple...

- Un fer à repasser a dégagé 2,5 kWh en 2 h de travail. Quel est sa puissance ?



Dernier exemple...

- Un fer à repasser a dégagé 2,5 kWh en 2 h de travail. Quel est sa puissance ?
- 1,25 kW ou 1250 W



Petit résumé...

Un bâtiment reçoit de la chaleur

- par le soleil
- par les utilisateurs
- par l'éclairage
- par les ordinateurs
- par l'électro-ménager
- parfois par les voisins
- et en été par l'air extérieur qui rechauffe les parois et qui nous sert à respirer

Petit résumé...

Un bâtiment perd de la chaleur

- par les murs, le sol, le toit
- par les vitrages
- par la ventilation
- par les infiltrations non prévues
- comme par la cheminée
- parfois par les voisins

Petit résumé...

Un bâtiment est donc en permanence en régime transitoire, perpétuel équilibre entre les entrées et les sorties. Le chauffage en hiver et parfois la climatisation en été ne font qu'apporter le complément !

Petit résumé...

**Le calcul réglementaire qui suppose le régime permanent est faux !
Enfin, il est juste 5 % des cas, le reste du temps il est faux. Le calcul réglementaire ne sert qu'à calculer la puissance maximum à installer pour les jours les plus froids (ou les plus chauds en clim)**

Petit résumé...

Le thermicien qui se cantonne au calcul réglementaire n'est pas un thermicien moderne qui doit s'intéresser :

- **au confort 100 % du temps**
- **à la consommation la plus basse possible**

L'approche écologique est la seule moderne ...

Que se passe-t-il quand il y a moins d'apports que de pertes :

- **si on est en hiver : on chauffe**
- **ou on isole mieux**
- **ou on essaie de récupérer des pertes**
- **ou on essaie de capter le soleil**

L'approche écologique est la seule moderne ...

Que se passe-t-il quand il y a plus d'apports que de pertes :

- **si on est en été : on climatise**
- **ou on isole mieux le toit**
- **ou on essaie de récupérer de la fraîcheur dans le sol ou l'air qui sort**
- **Ou on crée de l'inertie (tampon)**
- **Ou on ventile la nuit**
- **ou on essaie de se protéger le soleil**

L'approche écologique est la seule moderne ...

L'architecte doit être le chef d'orchestre de la vigilance écologique d'un projet :

- **Un thermicien classique calcule des chaudières et des climatiseurs pour avoir la paix**
- **Un thermicien « durable » ou « écologique » travaillera avec l'architecte à réduire les consommations et améliorer les confort**

Un exemple concret ?

- Une salle de classe



Le calcul réglementaire des parois...

Le U caractérise les déperditions d'une paroi : plus la paroi est isolante, plus U est faible ! Valeurs :

- **un agglo : 2.5**
- **une paroi isolée : de 0.2 à 0.6**
- **un simple vitrage : 6**
- **un double vitrage : de 1.5 à 3.5**
- **une porte en bois : 3**

Le calcul réglementaire du bâtiment

Un bâtiment peut se résumer par son $U_{bât}$

$$U_{bât} = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i} \quad (\text{en W/m}^2\cdot\text{K})$$

U : coefficients déperditions surfaciques (ex K),

A : surfaces parois déperditives,

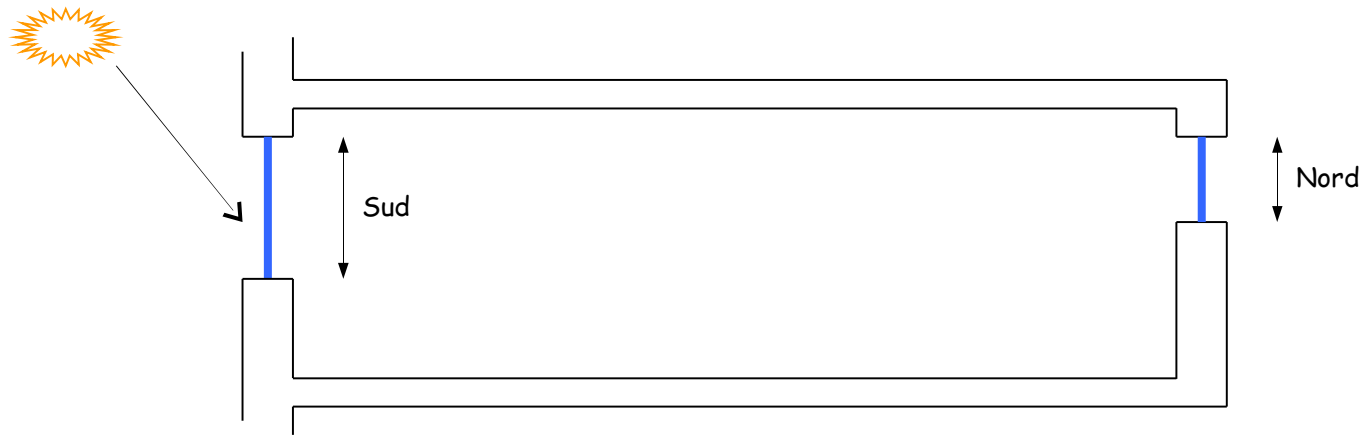
Le calcul réglementaire de puissance...

$$P = S_{\text{parois opaques}} * U * (T_i - T_e) +$$
$$S_{\text{parois vitrées}} * U * (T_i - T_e) +$$
$$\text{Débit air} * 0,34 * (T_i - T_e)$$

Cas 1: l'école classique des années 1950



Ecole 1950	Sud	Montpellier	Janvier
------------	-----	-------------	---------



Températures : intérieur 19 °C extérieur mini - 6°C
0°C à 8 h et + 6°C à 11 h

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 100 W

Vitrages : 7 m² à 6 W/m²

Soleil : à 8 h : 150 W/m² à 11 h : 500 W

Autres parois : 70 m² à 2 W/m²

Ventilation : 1000 m³/h à 0,34 W/m³

Calcul réglementaire :

- **Les pertes par les vitrages**
- **Les pertes par les parois opaques**
- **Les pertes par la ventilation**
- **la totalité des pertes**
- **le U bat**

Calcul réglementaire : résultats

- **Les pertes par les vitrages : 1050 W**
- **Les pertes par les parois opaques : 3500 w**
- **Les pertes par la ventilation : 8500 W**
- **la totalité des pertes : 13 050 W**
- **le U bat : $7*6 + 70* 2/77 = 2,36$ W/m².°K**

Calcul intelligent :

Les pertes à 8 h en janvier

- **Les pertes par les vitrages : 798 W**
- **Les pertes par les parois opaques : 2660 W**
- **Les pertes par la ventilation : 6460 W**
- **la totalité des pertes : 9918 W**

Et les apports :

- **$3000 \text{ W} + 1000 \text{ W} + 150\text{W} \times 7 = 5050 \text{ W}$**

Calcul intelligent :

Les pertes à 11 h en janvier

- **Les pertes par les vitrages : 546 W**
- **Les pertes par les parois opaques : 1820 W**
- **Les pertes par la ventilation : 4420 W**
- **la totalité des pertes : 6786 W**

Et les apports :

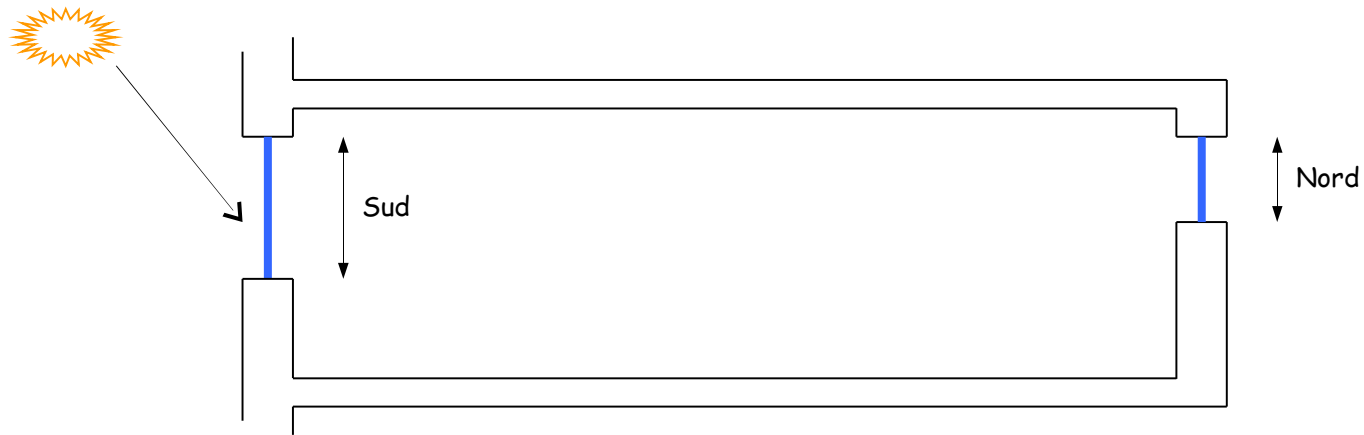
- **$3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 500\text{W} \times 7 = 6500 \text{ W}$**

Ecole 1950

Sud

Montpellier

Avril



Températures : intérieur 19 °C

8°C à 8 h et + 14°C à 11 h

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 100 W

Vitrages : 7 m² à 6 W/m²

Soleil : à 8 h : 250 W/m² à 11h : 700 W

Autres parois : 70 m² à 2 W/m²

Ventilation : 1000 m³/h à 0,34 W/m³

Calcul intelligent :

Les pertes à 8 h en avril

- **Les pertes par les vitrages : 462 W**
- **Les pertes par les parois opaques : 1540 W**
- **Les pertes par la ventilation : 3740 W**
- **la totalité des pertes : 5742 W**

Et les apports :

- **$3000 \text{ W} + 1000 \text{ W} + 250\text{W} \times 7 = 5750 \text{ W}$**

Calcul intelligent :

Les pertes à 11 h en avril

- **Les pertes par les vitrages : 210 W**
- **Les pertes par les parois opaques : 700 W**
- **Les pertes par la ventilation : 1700 W**
- **la totalité des pertes : 2610 W**

Et les apports :

- **$3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 700\text{W} \times 7 = 7900 \text{ W} \dots \text{rideau}$**



Cas 2 : l'école très performante des années 2005

Cette école autrichienne, aux normes Passiv Haus déjà vue ""

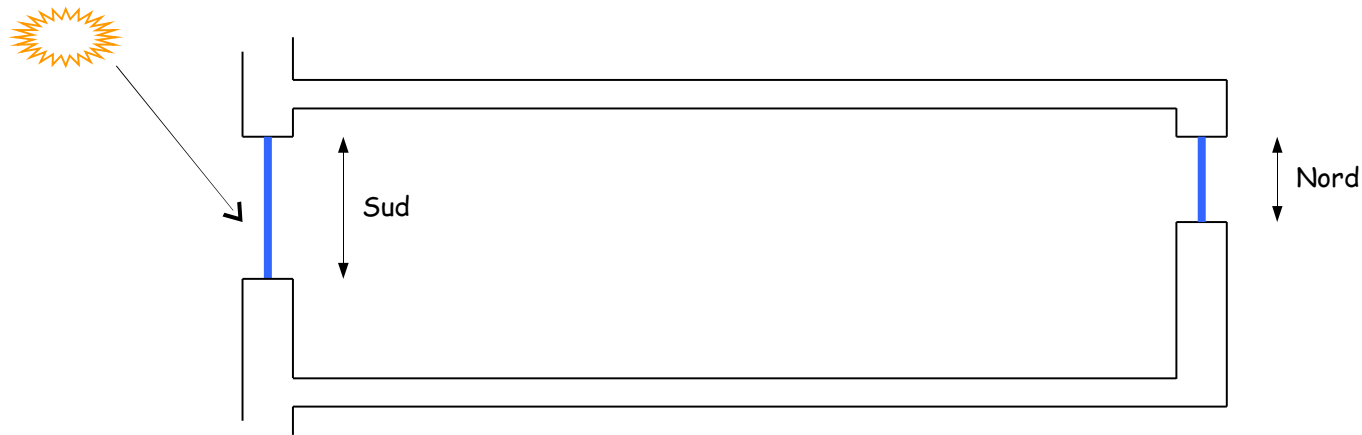


Ecole 2005

Sud

Montpellier

Janvier



Températures : intérieur 19 °C extérieur mini - 6°C
0°C à 8 h et + 6°C à 11 h

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 39 W

Vitrages : 7 m² à 1.5 W/m²

Soleil : à 8 h : 150 W/m² à 11 h : 500 W

Autres parois : 70 m² à 0.25 W/m²

Ventilation : 540 m³/h à 0,34 W/m³ récupérateur 70% d'économie

Calcul réglementaire :

- **Les pertes par les vitrages**
- **Les pertes par les parois opaques**
- **Les pertes par la ventilation**
- **la totalité des pertes**
- **le U bat**

Le calcul ...

Calcul réglementaire : résultats (entre parenthèse le calcul école 1950)

- **Les pertes par les vitrages : 263 W (1050 W)**
- **Les pertes par les parois opaques : 438W (3500 w)**
- **Les pertes par la ventilation : 1377W (8500 W)**
- **la totalité des pertes : 2078 W (13 050 W)**
- **le U bat : $7 \cdot 1.5 + 70 \cdot 0.25 / 77 = 0,36 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
(2,36 W/m².°K)**

Une division par 6 en 50 ans

Calcul intelligent :

Les pertes à 8 h en janvier

- **Les pertes par les vitrages : 199 W**
- **Les pertes par les parois opaques : 333 W**
- **Les pertes par la ventilation : 1046 W**
- **la totalité des pertes : 1578 W**

Et les apports :

- **$3000 \text{ W} + 390 \text{ W} + 150\text{W} \cdot 7 = 4440 \text{ W}$**

Calcul intelligent :

Les pertes à 11 h en janvier

- Les pertes par les vitrages : 137 W
- Les pertes par les parois opaques : 228 W
- Les pertes par la ventilation : 716 W
- la totalité des pertes : 1081 W

Et les apports :

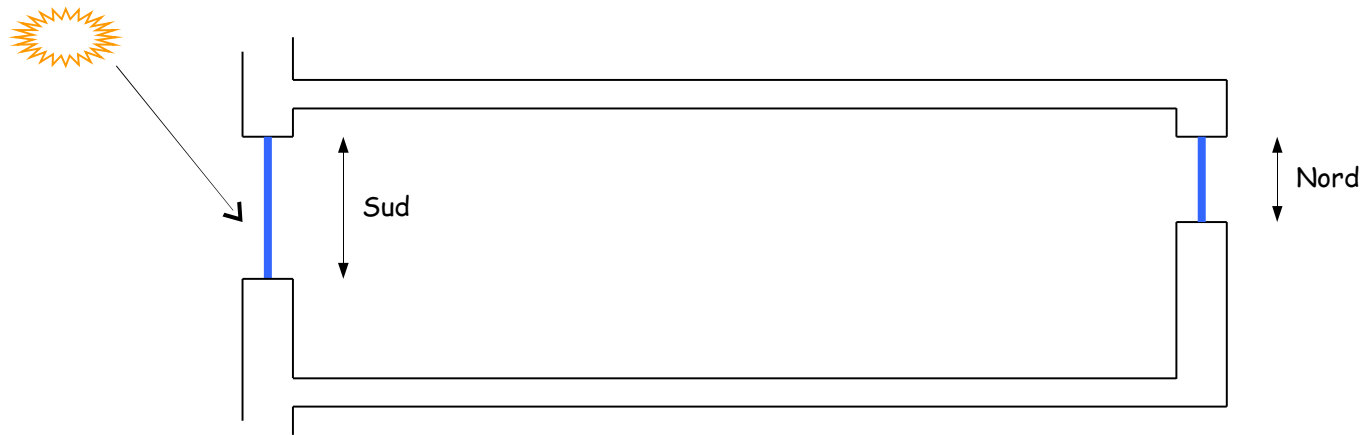
- $3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 500\text{W} \times 7 = 6500 \text{ W} !!!$

Ecole 2005

Sud

Montpellier

Avril



Températures : intérieur 19 °C

8°C à 8 h et + 14°C à 11 h

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 39 W

Vitrages : 7 m² à 1.5 W/m²

Soleil : à 8 h : 250 W/m² à 11h : 700 W

Autres parois : 70 m² à 0.25 W/m²

Ventilation : 540 m³/h à 0,34 W/m³ récupérateur 70 % d'économie

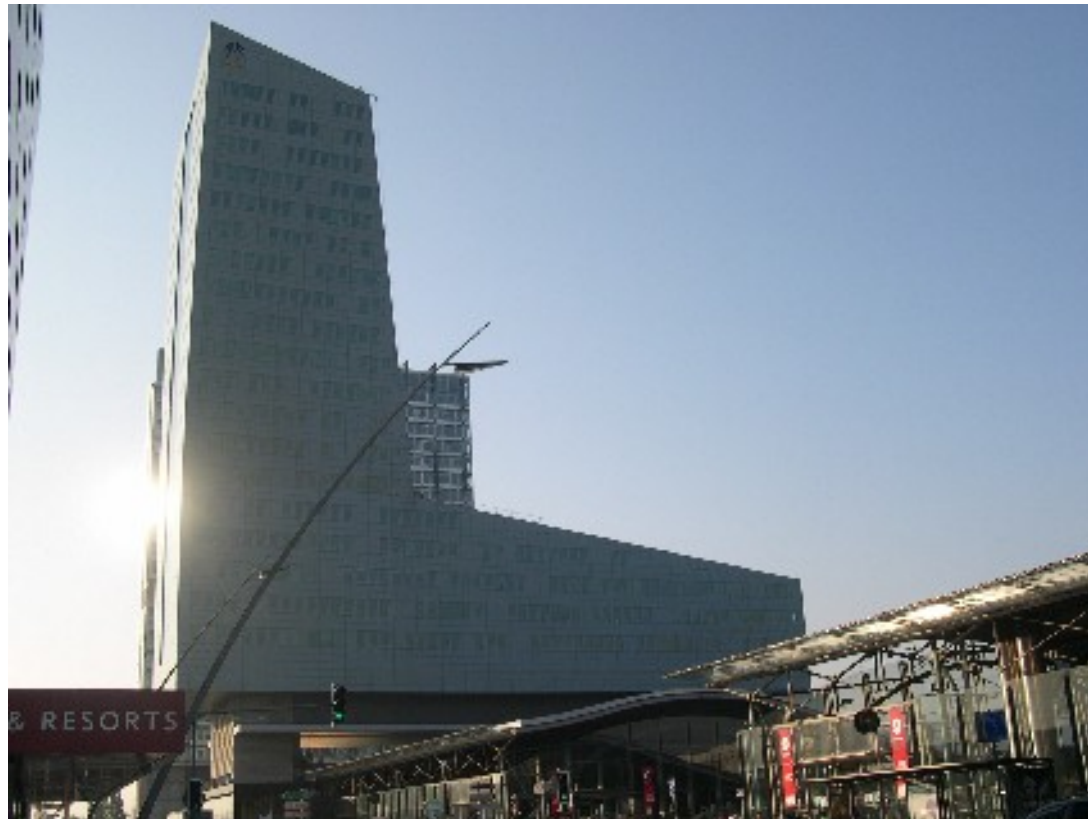
Calcul intelligent :

Les pertes à 8 h en avril

- **Les pertes par les vitrages : 115 W**
- **Les pertes par les parois opaques : 193 W**
- **Les pertes par la ventilation : 606 W**
- **la totalité des pertes : 915 W**

Et les apports :

- **$3000 \text{ W} + 390 \text{ W} + 250\text{W} \times 7 = 5140 \text{ W} !!!$**



« Ceci explique pourquoi cet immeuble bien connu à Lille a des besoins en janvier de 30% du maxi. estival à cause de la façade Sud Ouest non traitée »

Calcul intelligent :

Les pertes à 11 h en avril

- Les pertes par les vitrages : 53 W
- Les pertes par les parois opaques : 88 W
- Les pertes par la ventilation : 276 W
- la totalité des pertes : 417 W

Et les apports :

- $3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 700\text{W} \times 7 = 7900 \text{ W...rideau}$

Conclusions

- **le calcul réglementaire est nécessaire, il est loin d'être suffisant**
- **le bâtiment a les moyens de diviser par 4 à 8 ses besoins de chauffage**
- **Les apports internes et externes sont tels que l'inertie et les brise-soleil prennent une importance ENORME**

La fin du chauffage est proche.....le traitement du confort d'été nécessite une forte vigilance de la part de l'architecte dès le choix du terrain et le plan masse

Bibliographie

Trois livres :

- Chauffage de l'habitat et énergie solaire : Cabirol – Roux – Fauré chez Edisud
- La conception bioclimatique : Courgey – Oliva – Terre vivante
- Architecture d'été : Jean Louis Izard - Edisud

Daniel Fauré – Provence

Diverses photos de la presse