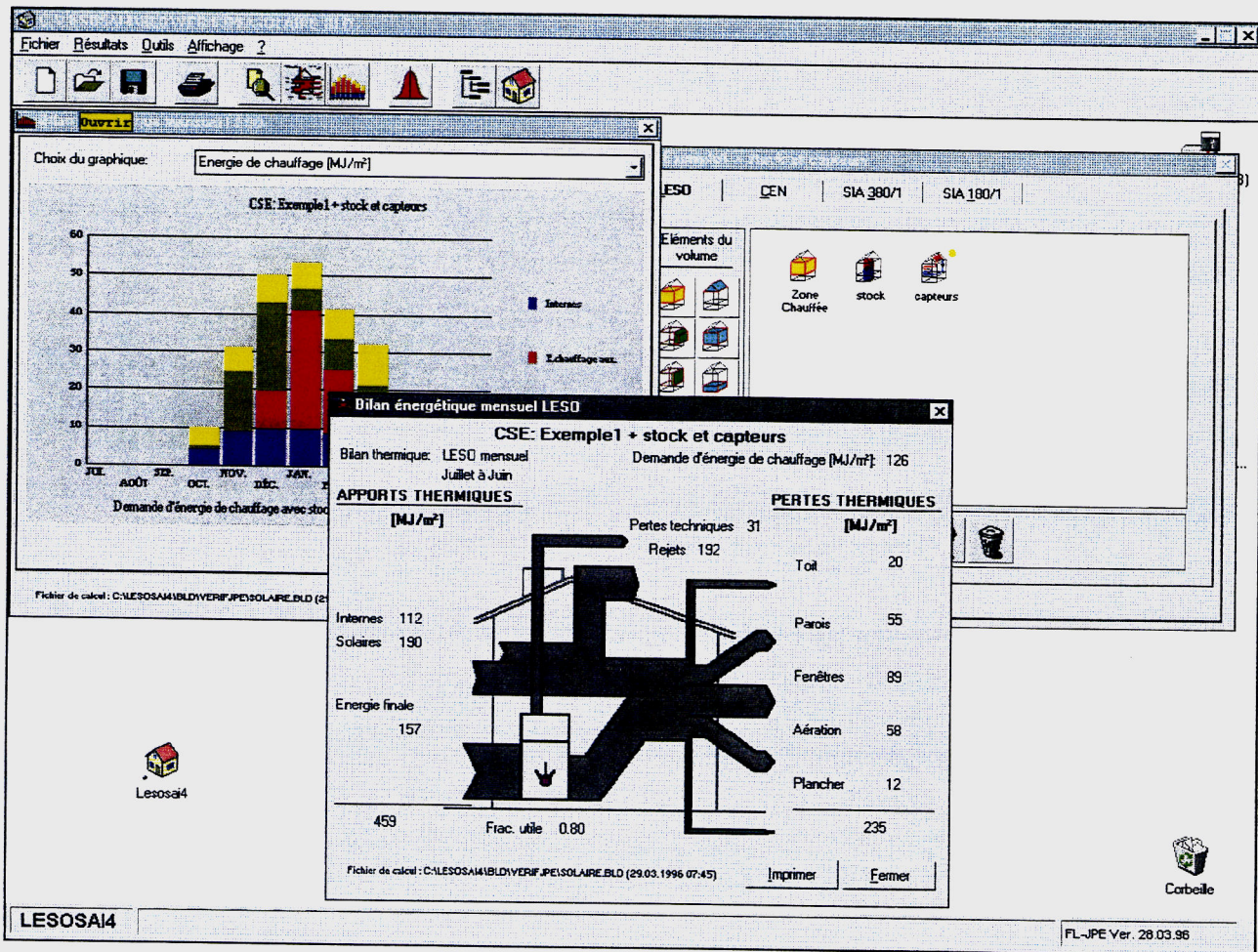




ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

# MODE D'EMPLOI LESOSAI 4

Version 1 - avril 1996



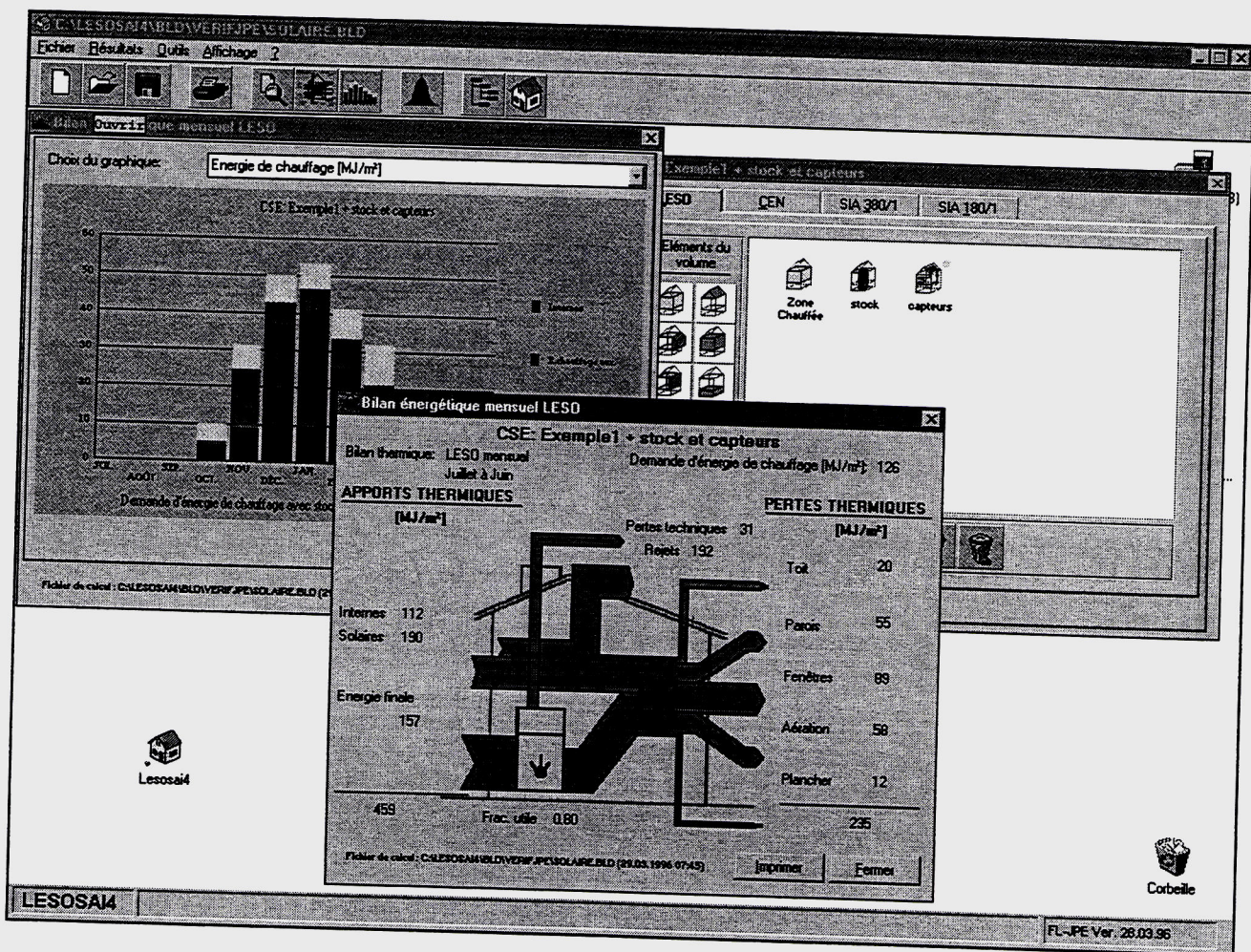
*Calcul du bilan thermique d'une construction  
LESO - CEN prEN832 - SIA 380/1 et SIA 180/1*



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

# MODE D'EMPLOI LESOSAI 4

Version 1 - avril 1996



*Calcul du bilan thermique d'une construction  
LESO - CEN prEN832 - SIA 380/1 et SIA 180/1*

Institut technique du bâtiment - ITB / DA

**Pour tout renseignement:**

F. Leresche, J.-P. Eggimann

Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment  
LESO - EPFL  
CH - 1015 LAUSANNE

Tél. +41 21 / 693 45 40 ou 693 45 45  
Fax +41 21 / 693 27 22

**Remerciements**

Cette version du logiciel LESOSAI a été réalisée avec l'appui financier de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

**Responsabilité**

Les indications du présent manuel sont données sans garantie et peuvent être modifiées en tout temps sans communication à l'utilisateur. Ce faisant, les auteurs du logiciel ne prennent aucun engagement. Le logiciel décrit dans ce manuel est livré sur la base d'une licence par ordinateur, avec l'interdiction de le transmettre à des tiers. Il n'en résulte aucune prétention en dommages et intérêts. C'est à l'utilisateur de vérifier par des contrôles adéquats que les données sont correctes et plausibles.

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>3</b>
Buts du programme.....	3
<i>Ce que fait LESOSAI 4</i> .....	3
<i>Ce que ne fait pas LESOSAI 4</i> .....	3
Structure du programme .....	4
<b>Description du bâtiment</b> .....	<b>5</b>
Division du bâtiment en zones (et en pseudo-zones).....	5
Enveloppe du bâtiment.....	5
<i>Enveloppe d'une zone</i> .....	6
<i>Partie d'enveloppe</i> .....	6
Surfaces .....	8
Volume.....	8
Renouvellement d'air, ventilation.....	9
<i>Taux de renouvellement d'air avec l'extérieur</i> .....	9
<i>Taux de renouvellement d'air entre zones</i> .....	9
<i>Installation de ventilation</i> .....	10
<i>Capacité thermique volumique de l'air</i> .....	11
Altitude .....	11
Ombrage.....	12
Inclinaison.....	12
Orientation .....	13
Affectation.....	14
Type de construction.....	14
Coefficient de transmission de chaleur (coeff. k) .....	14
<i>Relation avec LESOKAI 4</i> .....	15
<b>Méthodes de calcul</b> .....	<b>15</b>
Méthodes de calcul et contrôle des performances.....	16
<i>Méthodes de calcul</i> .....	16
<i>Contrôle des performances</i> .....	16
<i>Réglementation cantonale</i> .....	16
<i>Différence entre les méthodes de calculs</i> .....	17
Pertes thermiques vers le terrain .....	17
Pertes thermiques.....	18
Caractéristiques des fenêtres .....	18
Mur à isolation translucide.....	19
Collecteur-fenêtre .....	20
Serre.....	21
Façade double-peau.....	21
Local non chauffé, combles non chauffés, cave non chauffée.....	21
Élément chauffant.....	22
Échanges radiatifs.....	22
Facteur d'utilisation, taux d'utilisation.....	22
<b>Calculs complémentaires</b> .....	<b>23</b>
Chauffage solaire .....	25
Calcul d'incertitude.....	25
<i>Démarche</i> .....	26
<i>Incertitude sur les données</i> .....	26
<b>Fichiers annexes</b> .....	<b>27</b>
Lesosai4.ini .....	28
Climat .....	28
<i>Rayonnement global pour une orientation et une inclinaison quelconques</i> .....	28
<i>Relation avec METEONORM 95</i> .....	31
Vitrages, isolations translucides, capteurs .....	31
<i>Rendement des capteurs solaires</i> .....	32
<i>Coefficients d'échange thermique superficiel</i> .....	33
<b>Divers</b> .....	<b>33</b>
Unités .....	35
Synonymes.....	35

<b>Première description d'un bâtiment.....</b>	<b>36</b>
<input type="checkbox"/> Barre d'outils .....	36
<i>Nouveau.....</i>	36
<i>Ouvrir.....</i>	36
<i>Sauver.....</i>	36
<i>Imprimer le formulaire.....</i>	36
<i>Formulaire.....</i>	36
<i>Graphique synoptique.....</i>	36
<i>Graphiques mensuels.....</i>	36
<i>Graphique d'incertitude.....</i>	36
<i>Liste des éléments.....</i>	36
<i>Résumé des éléments.....</i>	37
<input type="checkbox"/> Nouveau bâtiment .....	37
.: <i>Adresse.....</i>	37
.: <i>Option calcul.....</i>	37
.: <i>Inventaire des zones.....</i>	37
<input type="checkbox"/> Zone chauffée .....	37
.: <i>Propriétés générales.....</i>	37
.: <i>Enveloppe.....</i>	37
.: <i>Typologie.....</i>	37
<input type="checkbox"/> Façades (sud) .....	37
.: <i>Données générales.....</i>	38
.: <i>Éléments de l'enveloppe.....</i>	38
.: <i>Situation.....</i>	38
<input type="checkbox"/> Éléments de la façade.....	38
<input type="checkbox"/> Plancher.....	38
.: <i>Données générales.....</i>	38
.: <i>Situation.....</i>	38
<input type="checkbox"/> Plafond .....	38
<input type="checkbox"/> Combles non chauffés, local non chauffé, cave non chauffée .....	38
.: <i>Généralités.....</i>	38
.: <i>Enveloppe.....</i>	39
<input type="checkbox"/> Serre, véranda, jardin d'hiver.....	39
.: <i>Inventaire des zones.....</i>	39
.: <i>Enveloppe (zone chauffée).....</i>	39
.: <i>Éléments de l'enveloppe (contre serre).....</i>	39
.: <i>Enveloppe (serre).....</i>	39
.: <i>Enveloppe (avant, gauche, droite).....</i>	39
<input type="checkbox"/> Double-peau.....	39
<input type="checkbox"/> Capteur solaire et stock .....	39

# Introduction

## Buts du programme

### Ce que fait LESOSAI 4

LESOSAI 4 est un programme de calcul des bilans thermiques mensuels et annuel d'un bâtiment. Il tient compte des gains solaires provenant d'éléments tels que:

- fenêtre,
- serre, véranda, jardin d'hiver,
- façade double-peau,
- collecteur-fenêtre,
- mur à isolation translucide.

Il comporte une routine simple de calcul de chauffage solaire (stock et champs de capteurs) et est ainsi adapté à l'étude de maisons à très faibles besoins en chauffage.

Son utilisation a été rendue aussi simple et rapide que possible de manière à permettre l'optimisation du bilan énergétique dès la phase d'avant-projet. À ce stade, bien des données sont encore inconnues, raison pour laquelle le programme propose toujours des valeurs par défaut.

LESOSAI 4 comprend plusieurs méthodes de calcul et de contrôle des performances:

- méthode LESO,
- norme européenne prEN832 "Performance thermique des bâtiments - Calcul des besoins d'énergie de chauffage",
- recommandation SIA 380/1 "L'énergie dans le bâtiment" (calcul de la demande d'énergie de chauffage uniquement),
- modèle d'ordonnance "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment",
- recommandation SIA 180/1 "Justification de la valeur moyenne de k de l'enveloppe des bâtiments".

LESOSAI 4 est reconnu conforme par l'Office fédéral de l'énergie pour les calculs selon SIA 380/1 et modèle d'ordonnance.

LESOSAI 4 calcule des bâtiments mono-zone de construction mi-lourde à lourde (construction suisse traditionnelle). Le calcul selon la méthode CEN autorise aussi les constructions légères.

À l'exception de la méthode SIA 180/1, le programme calcule successivement les divers termes entrant dans un bilan énergétique:

- pertes thermiques brutes,
- apports de chaleur internes et solaires bruts,
- gains de chaleur (part utilisable des apports),
- besoins en énergie de chauffage,
- dans le cas d'un chauffage solaire: besoins en énergie auxiliaire.

Les résultats sont présentés sous plusieurs formes:

- graphique du bilan thermique (diagramme de Sankey),
- graphiques des bilans mensuels,
- tableau des valeurs mensuelles des différents termes du bilan,
- formulaire SIA 1083 "Calcul de la demande d'énergie de chauffage" selon SIA 380/1,
- formulaire SIA 1081 "Justification de la valeur moyenne de k de l'enveloppe des bâtiments", selon SIA 180/1.

De plus, LESOSAI 4 effectue un calcul d'incertitude sur le résultat (demande d'énergie de chauffage). Il donne la probabilité que la demande d'énergie effective du bâtiment soit supérieure ou inférieure à celle calculée. Ce résultat est présenté graphiquement. Le chauffage solaire n'est pas pris en compte dans ce calcul puisque, dans les flux d'énergie, il apparaît en amont de la demande d'énergie de chauffage,

### Ce que ne fait pas LESOSAI 4

Ce logiciel n'effectue pas le calcul de la fraction utile de la recommandation SIA 380/1, par contre les pages correspondantes sont imprimées sans données.

Ce programme ne connaît pas les murs ventilés (mur Trombe et autres parois opaques ventilées) et l'intermittence du chauffage tels que définis dans la norme européenne CEN prEN 832.

LESOSAI 4 ne peut pas être directement appelé par des programmes de CAO / CAD.

LESOSAI 4 n'est pas un programme de dimensionnement d'installation de chauffage. Ce calcul, effectué selon la recommandation SIA 384/2 "Puissance thermique à installer dans les bâtiments", demanderait de nombreuses données supplémentaires. Il est cependant possible d'avoir une première estimation de la puissance à installer à l'aide de la température minimale (fichier climat) et des coefficients de déperdition (calcul CEN) ou des flux de chaleur (calcul LESO).

#### Exemple d'estimation de puissance de chauffage

Un bâtiment, chauffé à 20°C, est situé dans une localité ayant une température minimale de -8°C et une température en janvier de -1.1°C.

Selon un calcul CEN (en janvier), ce bâtiment a:

- un coefficient de déperditions par transmission à travers l'enveloppe (formulaire 3.1):  $L_T = 174 \text{ W/K}$ ;
  - un coefficient de déperditions par renouvellement d'air (formulaire 3.2):  $H_T = 41 \text{ W/K}$ .
- La puissance de chauffage peut être estimée à:  $(174 + 41) \cdot (20 - (-8)) = 6000 \text{ W}$ .

Ce même bâtiment calculé selon la méthode LESO (en janvier) a:

- un flux de chaleur vers l'extérieur, pour la transmission à travers l'enveloppe (formulaire 3.1):  $\Phi_{Te} = 2937 \text{ W}$ ;
  - un flux de chaleur vers l'extérieur, pour le renouvellement d'air (formulaire 3.2):  $\Phi_v = 855 \text{ W}$ ;
  - un flux de chaleur vers des locaux non chauffés (formulaire 3.1):  $\Phi_U = 726 \text{ W}$ .
- La puissance de chauffage peut être estimée à:  $(2937 + 855) \cdot (20 - (-8)) / (20 - (-1.1)) + 726 = 5800 \text{ W}$ .

Remarque: ces modes de calcul ne sont pas conformes à la recommandation SIA 384/2.

### Structure du programme

Le programme LESOSAI 4 est composé principalement de:

- un exécutable LESOSAI4.EXE,
- un exécutable LESOINC4.EXE (gestion du calcul d'incertitudes),
- une librairie LSAI4.DLL.

Les données d'un bâtiment ainsi que les résultats des calculs sont stockés dans un fichier avec, généralement, une extension .BLD. Ces fichiers bâtiments peuvent être édités avec un éditeur de texte en mode "texte seulement" (ASCII), par exemple NotePad, WordPad ou Word. Ils peuvent aussi être lus par un tableur.

## Description du bâtiment

### Division du bâtiment en zones (et en pseudo-zones)

Le bâtiment est composé d'une zone dite chauffée et d'éventuelles autres zones dites non chauffées. Il n'est pas possible de définir plus d'une zone chauffée par bâtiment.

Il n'est pas obligatoire de définir toutes les zones non chauffées d'un bâtiment. Cela dépend du calcul demandé, des données disponibles et de la précision voulue pour le résultat.

LESOSAI 4 connaît 5 types de zones non chauffées:

- la serre ou véranda ou jardin d'hiver,
- le volume de la façade double-peau,
- les combles non chauffés,
- le local non chauffé,
- la cave non chauffée.

Pour chacune de ces zones, l'utilisateur devra indiquer le volume, les surfaces, le taux de renouvellement d'air et les caractéristiques de l'enveloppe afin que le programme puisse en calculer la température.

Il n'est pas possible de définir des échanges thermiques, par un élément d'enveloppe ou par mouvement d'air, entre 2 zones non chauffées.

À côté des zones non chauffées, le programme connaît plusieurs types de "pseudo-zones". Il s'agit de volumes dont la température est connue à l'avance. Le programme n'a donc pas besoin de données pour la calculer. Il est seulement nécessaire d'introduire les données pour le calcul des pertes de la zone chauffée vers les "pseudo-zones". Ces données se trouvent dans la page "Situation" de chaque partie d'enveloppe. La liste des "pseudo-zones" est la suivante:

"pseudo-zone"	température (mensuelle ou annuelle)
Combles	4°C de plus que la température extérieure
Combles avec toiture isolée ( $k < 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ )	6°C de plus que la température extérieure
Combles avec toiture partiellement isolée ( $0.4 < k < 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ )	4°C de plus que la température extérieure
Combles avec toiture non isolée ( $k > 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ )	2°C de plus que la température extérieure
Cave	8°C de plus que la température extérieure
Autre	8°C de plus que la température extérieure
Bâtiment voisin	(donnée de l'utilisateur)

Suivant les cas, on définira donc complètement une zone (nécessaire pour la serre et la double-peau, facultatif pour les combles, la cave ou tout autre local non chauffé) ou l'on se contentera d'une pseudo-zone.



## Enveloppe du bâtiment

L'enveloppe du bâtiment est composée de l'enveloppe de chacune des zones du bâtiment, mais elle ne comprend pas l'enveloppe des "pseudo-zones".

### Enveloppe d'une zone

L'enveloppe de toute zone est divisée en plusieurs parties. Chaque partie d'enveloppe a une seule orientation, une seule inclinaison et un seul voisinage (ou zone contiguë).

Ainsi, pour le bâtiment représenté en coupe sur la figure 1 ci-dessous, la façade sud est divisée en 3 parties: contre l'air extérieur, contre la serre et contre le terrain, tandis que la façade nord est divisée en 5 parties et la toiture en 2. Si cette dernière ne comporte pas de fenêtre, le fait de réunir les 2 pans en une seule partie d'enveloppe n'aura aucune conséquence.

Pour le bâtiment dont le plan est donné en figure 2, l'enveloppe de la zone chauffée devra être divisée en 7 parties, sans compter les planchers et les plafonds:

- façade extérieure d'orientation sud (les parois situées des 2 côtés de la serre peuvent être réunies),
- façade extérieure d'orientation ouest,
- façade extérieure d'orientation nord,
- façade extérieure d'orientation est,
- façade contre la serre d'orientation sud,
- façade contre la serre d'orientation ouest,
- façade contre la serre d'orientation est.

Ces 2 dernières façades devront être définies séparément même si elles ne comportent pas de fenêtre car, pour une serre, les surfaces opaques peuvent aussi contribuer aux apports solaires passifs.

### Remarque

Toute enveloppe appartient à une zone. Lorsqu'une partie d'enveloppe sépare deux zones, *elle appartient toujours à la zone chauffée*. Si un appartement est situé sur une cave, la dalle séparant les deux est donc un plancher et non un plafond!

### Conseil

Si l'on désire calculer des variantes d'un bâtiment, où la situation (voisinage) de certaines parties de l'enveloppe change avec la variante, il est préférable de commencer par décrire la situation la plus compliquée. Supposons par exemple que le bâtiment de la figure 2 fasse l'objet d'une rénovation consistant à rajouter la serre. On désire connaître le bilan thermique avant et après la rénovation. On commencera par définir 7 parties d'enveloppe de la zone chauffée vers l'extérieur (les 4 façades et les 3 façades contre serre précédentes). Après avoir calculé ainsi le bilan, il suffit de rajouter la serre, de changer la situation ("contre zone serre" au lieu de "contre extérieur") des 3 façades contre serre et de rajouter le taux de renouvellement d'air de la zone chauffée vers la serre avant d'effectuer le nouveau bilan. Pour revenir en arrière, il suffit de mettre la serre "à la poubelle".

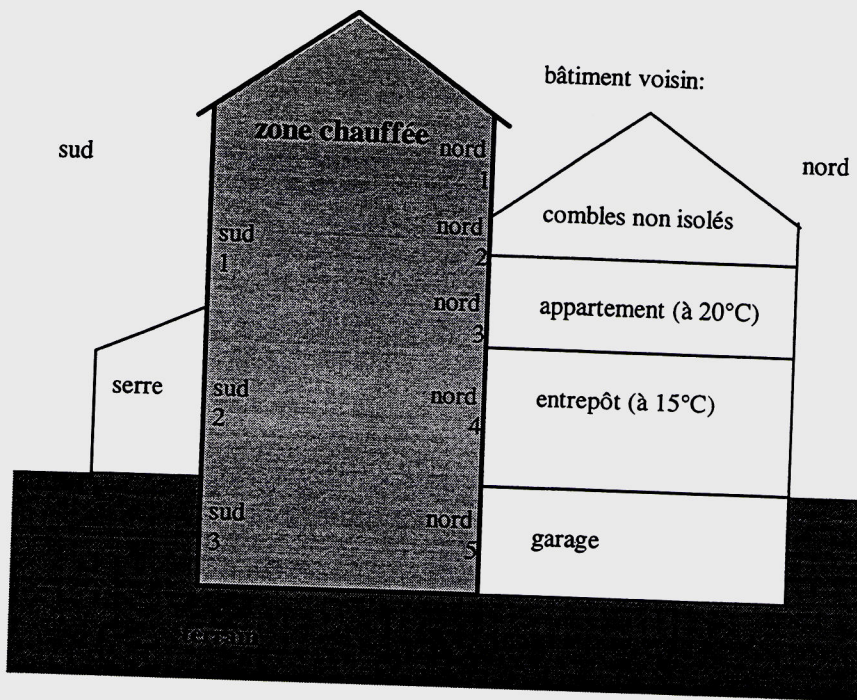


Figure 1: Parties d'enveloppe en coupe.

La façade sud est divisée en 3 parties et la façade nord en 5 parties:

- sud 1: contre extérieur
- sud 2: contre zone serre
- sud 3: contre terre

- nord 1: contre extérieur
- nord 2: contre non chauffé combles non isolés
- nord 3: contre un bâtiment voisin chauffé à 20°C
- nord 4: contre un bâtiment voisin chauffé à 15°C
- nord 5: contre non chauffé autre.

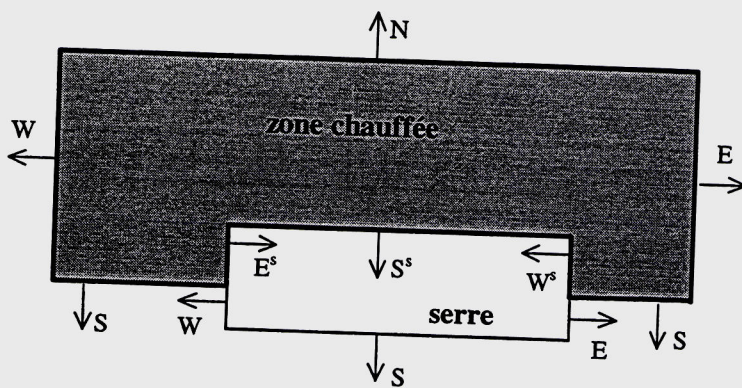


Figure 2: Parties d'enveloppe en plan

L'enveloppe verticale du bâtiment est divisée en 7 parties:

- façade extérieure est (90°);
- façade extérieure nord (360°);
- façade extérieure ouest (270°);
- façade extérieure sud (180°), les 2 parties peuvent être réunies ou décrites séparément;
- façade contre serre est (90°);
- façade contre serre ouest (270°);
- façade contre serre sud (90°).

## Partie d'enveloppe

Chaque partie d'enveloppe peut comporter plusieurs éléments d'enveloppe à choisir parmi:

- fenêtre,
- caisson de store,
- collecteur-fenêtre,
- surface particulière (coeff. k différent ou élément chauffant),
- mur à isolation translucide,
- porte.

La surface d'une partie d'enveloppe est la surface totale (figure 3, trait continu). Le programme déduit lui-même la surface des éléments contenus dans l'enveloppe. Le résultat en est la "surface restante". Si cette dernière est négative, cela signifie que l'enveloppe contient plus d'éléments qu'elle n'en peut contenir: la somme des surfaces des éléments de l'enveloppe est supérieure à la surface totale!

Cette manière de faire se justifie par le fait qu'elle simplifie grandement le calcul de variantes.

Le coefficient de transmission de chaleur de l'enveloppe ne caractérise que la partie "surface restante" (en grisé dans la figure 3).

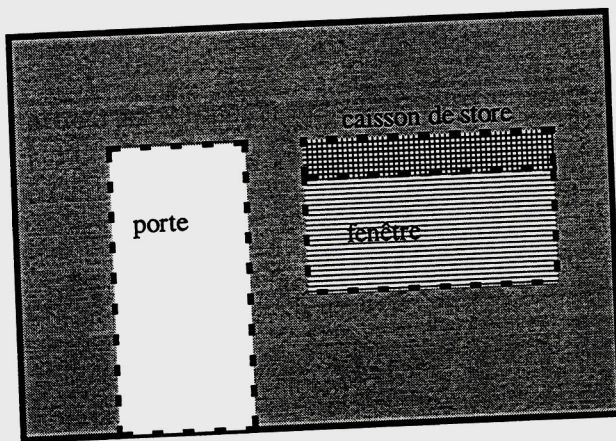


Figure 3: Surface des éléments d'enveloppe

La surface grisée (surface restante) est automatiquement calculée par le programme: il déduit de la surface totale (zone entourée d'un trait gras) la surface des éléments (entourés d'un traitillé) contenus dans celle-ci.

## Surfaces

Conformément à la recommandation SIA 416 "Surfaces et volumes", toutes les surfaces se mesurent en utilisant les cotes extérieures des murs et autres éléments de construction.

La surface d'une fenêtre correspond à celle de l'ouverture faite dans le mur pour cette fenêtre.

La surface brute de plancher (SBP) est la surface de l'ensemble des planchers (à chaque étage) des locaux chauffés (SIA 416). La surface de référence énergétique (SRE) est la SBP pondérée par un facteur tenant compte de la hauteur brute d'étage. Si les étages ont une hauteur inférieure ou égale à 3 m, la SRE est égale à la SBP. Le facteur de pondération est déterminé selon la recommandation SIA 180/4 "L'indice de dépense d'énergie"; il vaut 1 si la hauteur brute d'étage est inférieure ou égale à 3 m et est égal au rapport (hauteur brute d'étage / 3 m) pour les étages d'une hauteur supérieure.

Les gains internes donnés relativement à une surface (consommation annuelle d'électricité) ainsi que la surface allouée à une personne sont toujours relatifs à la SBP. Les apports de chaleurs  $Q_{ei}$  et  $Q_p$  (formulaire SIA 380/1, p.3.2) sont relatifs à la SRE.

### Exemple de gains internes / apports de chaleur

Supposons le bâtiment administratif suivant:

- SBP de 600 m<sup>2</sup>;
- situé en un lieu ayant une période de chauffage de 219 jours;
- gains internes selon les conditions normales d'utilisation définies par le modèle d'ordonnance:
  - consommation annuelle d'électricité: 80 MJ/m<sup>2</sup>, dont les 70% sont transformés en chaleur;
  - occupation: 30 personnes (à 80 W) présentes 8 h/d.

La chaleur totale dégagée pendant la période de chauffage s'élève à:

$$80 \cdot 600 \cdot 0.7 \cdot 219 / 365 = 20160 \text{ MJ pour l'électricité et}$$

$$30 \cdot 80 \cdot 8 \cdot 0.0036 \cdot 219 = 15140 \text{ MJ pour les personnes.}$$

Si la hauteur d'étage de ce bâtiment est de 3 m, sa SRE est égale à sa SBP, soit 600 m<sup>2</sup>. Les gains internes valent donc:

- apport de chaleur des installations électriques:  $Q_{el} = 20160 / 600 = 33.6 \text{ MJ/m}^2$ ;
- chaleur dégagée par les personnes:  $Q_p = 15140 / 600 = 25.2 \text{ MJ/m}^2$ .

Par contre, pour une hauteur d'étage de 4 m, sa SRE vaudra  $600 \cdot 4 / 3$ , soit 800 m<sup>2</sup>. Les gains internes s'élèveront à:

- apport de chaleur des installations électriques:  $Q_{el} = 20160 / 800 = 25.2 \text{ MJ/m}^2$ ;
- chaleur dégagée par les personnes:  $Q_p = 15140 / 800 = 18.9 \text{ MJ/m}^2$ .

## Volume

Le volume chauffé est le volume net (volume d'air à l'intérieur du bâtiment). Il se calcule généralement en prenant le 80% du volume brut.

## Renouvellement d'air, ventilation

Les données concernant l'aération du bâtiment sont réparties sur trois différentes pages:

- 1) le taux de *renouvellement d'air* d'une zone avec l'extérieur se trouve dans la page "Propriétés générales" de cette zone;
- 2) le taux de *renouvellement entre la zone chauffée et les autres zones* du bâtiment se trouve dans la page "Situation" de l'enveloppe qui sépare la zone chauffée de la zone non chauffée;
- 3) l'éventuelle *installation de ventilation* de la zone chauffée se trouve dans la page "Typologie" de la zone chauffée.

### Taux de renouvellement d'air avec l'extérieur

L'utilisateur a le choix entre 2 possibilités:

- "fixes": le taux de renouvellement d'air ne varie pas au cours de l'année, mais il peut avoir une valeur différente pour le "jour" (pendant la durée d'utilisation) et la "nuit";
- "variable...": le taux ne change pas entre le jour et la nuit, mais varie linéairement mensuellement en fonction de la température extérieure mensuelle.

Le taux de renouvellement d'air ne peut jamais descendre en dessous de la *limite inférieure admissible* (en général 0.3 h<sup>-1</sup>). La *valeur moyenne désirée* donne le taux de renouvellement d'air pour une température égale à la température extérieure moyenne sur la période de calcul. Le taux mensuel ne pouvant jamais descendre en dessous de la limite inférieure, le taux moyen sur la période de calcul sera supérieur à la valeur moyenne désirée si cette dernière est trop proche de la limite inférieure.

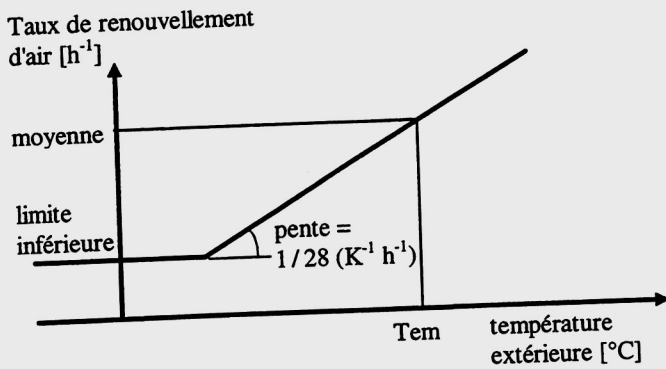


Figure 4: Taux de renouvellement d'air variable  
Le taux de renouvellement d'air mensuel varie linéairement en fonction de la température extérieure mensuelle. Le taux mensuel ne peut pas descendre en dessous de la limite inférieure.  $T_{em}$  est la température extérieure moyenne durant la période de calcul.

#### Exemple de taux de renouvellement d'air variable

Pour une villa située au sud des Alpes (période de chauffage: octobre à avril), on choisit les valeurs suivantes pour le taux de renouvellement d'air:

- valeur moyenne désirée:  $0.40 \text{ h}^{-1}$
- limite inférieure:  $0.30 \text{ h}^{-1}$

En fonction de la température extérieure, les valeurs mensuelles sont les suivantes:

Mois	Température extérieure [°C]	Taux de renouvellement d'air [h <sup>-1</sup> ]
Octobre	12.6	0.60
Novembre	7.0	0.40
Décembre	2.8	0.30 (au lieu de 0.25)
Janvier	1.4	0.30 (au lieu de 0.20)
Février	4.2	0.30
Mars	8.4	0.45
Avril	12.6	0.60
Moyenne	7.0	0.42 (au lieu de 0.40)

#### Taux de renouvellement d'air entre zones

Les mouvements d'air entre la zone chauffée et une autre zone du bâtiment se font par les inétanchéités et les ouvertures de l'enveloppe séparant ces 2 zones. C'est pourquoi les données correspondantes se trouvent dans la page "situation". Le volume d'air à prendre en compte pour le calcul de ce taux de renouvellement est toujours celui de la zone chauffée (à laquelle appartient l'enveloppe). Si plusieurs parties d'enveloppes (plusieurs façades) séparent une zone chauffée d'une autre zone, le taux de renouvellement d'air n'est à indiquer qu'une seule fois!

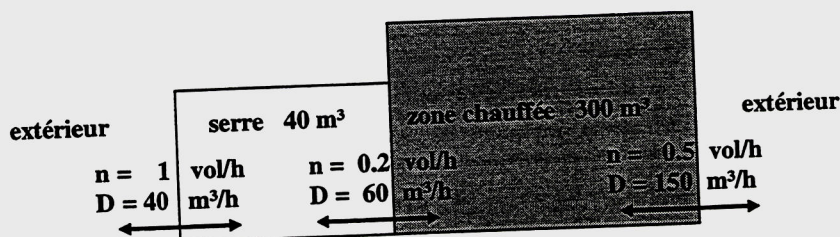


Figure 5: Taux de renouvellement d'air entre zones  
Le taux de renouvellement d'air entre une zone (zone chauffée ou serre) et l'extérieur est relatif au volume de la zone.  
Le taux de renouvellement d'air entre deux zones est relatif au volume de la zone chauffée.

## Installation de ventilation

L'installation de ventilation se substitue en général à la ventilation naturelle. Si les débits d'air dus à l'installation de ventilation sont supérieurs à ceux dus à la ventilation naturelle, les données du taux de renouvellement d'air avec l'extérieur (ventilation naturelle) sont ignorées. Dans le cas contraire, il est tenu compte d'une ventilation naturelle résiduelle jusqu'à concurrence du taux de renouvellement d'air avec l'extérieur.

Le fonctionnement de l'installation de ventilation se fait prioritairement de jour. Si la durée de fonctionnement est supérieure à la durée d'utilisation de la zone chauffée, le complément se fait pendant la période de nuit.

La méthode de calcul CEN tient compte des flux d'air additionnels induits par le vent. Ces flux d'air dépendent de l'étanchéité de l'enveloppe et de l'exposition du bâtiment au vent.

### Exemple d'une installation de ventilation

Supposons un petit bâtiment administratif, de volume chauffé de 2000 m<sup>3</sup> et d'une durée d'utilisation de 8 h/d, équipé de deux installations de ventilation fonctionnant 12 heures par jour:

- la première, de 1000 m<sup>3</sup>/h, sert à ventiler les bureaux, elle est équipée d'un récupérateur de chaleur (rendement 70%);
- la seconde, de 500 m<sup>3</sup>/h, est une extraction d'air des locaux sanitaires;
- hors utilisation, le taux de renouvellement d'air est de 0.3 h<sup>-1</sup>, soit un débit d'air de 600 m<sup>3</sup>/h.

Ces installations seront décrites ainsi dans le programme:

- fonctionnement: 12 h/d
- débit extrait: 1500 m<sup>3</sup>/h
- débit pulsé: 1000 m<sup>3</sup>/h
- rendement de récupération: 46.7% (= 70% · 1000 / 1500), d'où un débit "récupéré" de 700 m<sup>3</sup>/h

Si de plus l'utilisateur suppose que, malgré l'installation de ventilation, les occupants ouvrent les fenêtres pendant les heures d'utilisation de sorte que le taux de renouvellement d'air total soit de 0.9 h<sup>-1</sup>, soit un débit d'air de 1800 m<sup>3</sup>/h, les débits d'air alors pris en compte par le programme sont les suivants:

Durée [h/d]	Débit d'air [m <sup>3</sup> /h] pour l'aération du bâtiment (taux de ren. d'air [h <sup>-1</sup> ])		Débit d'air à réchauffer [m <sup>3</sup> /h] pour le calcul des déperditions (taux de ren. d'air [h <sup>-1</sup> ])			
			pour LESO et SIA 380/1		pour CEN prEN832	
8 (jour, ventilation en marche)	1800	(0.90)	1100	(0.55)	1289	(0.64)
4 (nuit, ventilation en marche)	1500	(0.75)	800	(0.40)	989	(0.49)
12 (nuit, ventilation arrêtée)	600	(0.30)	600	(0.30)	1043	(0.52)
moyenne sur 24 h	1150	(0.58)	800	(0.40)	1116	(0.56)

Les débits plus élevés lors du calcul CEN proviennent de la prise en compte des débits supplémentaires induits par la présence de l'installation de ventilation, pendant et hors son temps de fonctionnement.

## Capacité thermique volumique de l'air

Les méthodes de calcul estiment de la même manière la capacité thermique volumique de l'air:

$$\rho c = (1220 - 0.14 \cdot \text{alt}) / 3600$$

où  $\rho c$  = capacité thermique volumique [Wh/m<sup>3</sup>K]

alt = altitude de l'ouvrage [m].

## Altitude

L'altitude de la station climatique n'est pas utilisée par le programme. L'altitude de référence est l'altitude de l'ouvrage (page de donnée "Adresse") qui sert uniquement à calculer:

- la capacité thermique volumique de l'air,
- les valeurs limites (et cibles) SIA 380/1 et SIA 180/1

En conséquence, un bâtiment dont on augmente l'altitude, verra uniquement ses pertes thermiques diminuer (la capacité thermique de l'air diminue avec l'altitude). Il convient par conséquent de choisir une station dont l'altitude est proche de celle de l'ouvrage.

## Ombrage

L'utilisateur a le choix entre 2 possibilités:

- "fixes": la fraction ombrée (en %) est une valeur moyenne sur l'hiver. Elle s'estime en calculant la part ombrée de la fenêtre le 21 novembre ou le 21 janvier pour une position donnée du soleil (valable pour une latitude d'environ 45°):

orientation de la fenêtre	heure (solaire)	azimut du soleil (sud = 180°)	hauteur du soleil [°]
est (90°)	10	150	18
sud (180°)	12	180	23
ouest (270°)	14	210	18

- "variable...": la fraction ombrée varie linéairement mensuellement en fonction de la variable météorologique  $m$ . La fraction ombrée est limitée en "hiver" ( $m < 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) par l'ombrage minimum et en "été" par l'ombrage maximum ( $m > 16 \text{ W/m}^2\text{K}$  ou  $m < 0$  lorsque la température extérieure est supérieure à la température de consigne).

La variable météorologique  $m$  est définie ainsi:

$$m = (\text{intensité du rayonnement global dans le plan de la fenêtre}) / (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

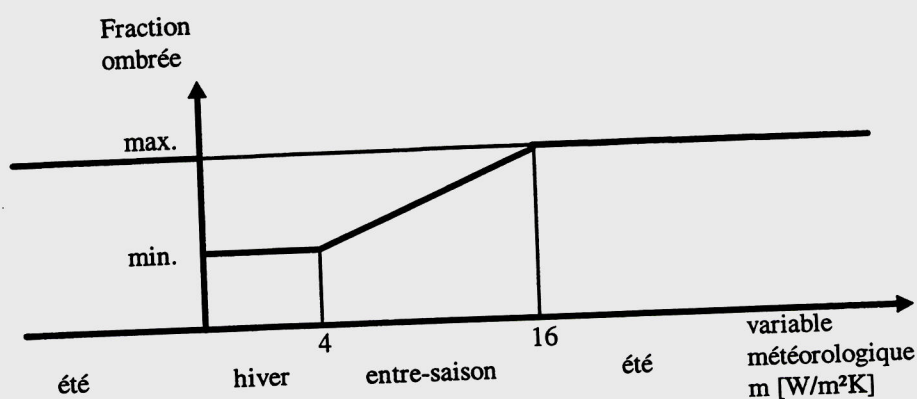


Figure 6: Fraction ombrée variable

La fraction ombrée est une fonction linéaire de la variable météorologique  $m$  comprise entre les limites inférieure (ombrage minimal) et supérieure (ombrage maximal).

$m = (\text{intensité du rayonnement global}) / (\text{écart de température intérieur - extérieur}) \text{ [W/m}^2\text{K]}$ .

$m$  est inférieur à zéro lorsque la température extérieure moyenne est supérieure à la température de consigne.

### Exemple d'ombrage variable

Pour une villa située au sud des Alpes (chauffée à 20°C), on choisit les valeurs suivantes pour la fraction ombrée d'une fenêtre:

- minimum: 15%
- maximum: 75%

En fonction de la température extérieure et du rayonnement incident dans le plan de la fenêtre, les valeurs mensuelles valent:

Mois	Température extérieure [°C]	Rayonnement incident [MJ/m <sup>2</sup> ]	Intensité moyenne du rayonnement incident [W/m <sup>2</sup> ]	variable météorologique [W/m <sup>2</sup> K]	Fraction ombrée [%]
Juillet	21.0	367	137	-137	75
Août	19.6	330	123	308	75
Septembre	16.8	282	109	34	75
Octobre	12.6	159	59	8	35
Novembre	7.0	168	65	5	20
Décembre	2.8	161	60	3.5	15
Janvier	1.4	149	56	3	15
Février	4.2	229	95	6	25
Mars	8.4	280	104	9	40
Avril	12.6	288	111	15	70
Mai	15.4	296	110	24	75
Juin	19.6	310	120	299	75
Moyenne, somme	11.8	3019	96		45
Moyenne pondérée par le rayonnement					49

### Inclinaison

Une façade (partie d'enveloppe verticale) a par défaut une inclinaison de 90°.

Une plancher (partie d'enveloppe horizontale) a par défaut une inclinaison de 0°.

La toiture est, par défaut, horizontale (inclinaison de 0°).

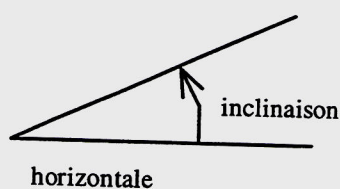


Figure 7: Inclinaison

L'angle d'inclinaison se lit entre l'horizontale et le plan considéré.



## Orientation

L'orientation de tout élément de façade (et de toiture) est mesurée par l'orientation géographique (selon la boussole) de la normale à cet élément. Pour la déterminer, on se place à l'intérieur de la zone et on regarde vers l'extérieur. Elle vaut donc:

NE	45°
E	90°
SE	135°
S	180°
SW	225°
W	270°
NW	315°
N	360°

Pour une serre, on procède de même. La façade qui sépare la zone chauffée de la serre appartient à la zone chauffée, son orientation à donc déjà été déterminée!

Tous les éléments pouvant faire partie d'une enveloppe, fenêtre, caisson de store, collecteur-fenêtre, élément particulier de l'enveloppe, mur à isolation translucide, porte, trappe etc., ont la même orientation, la même inclinaison et le même voisinage (zone contiguë) que l'enveloppe.

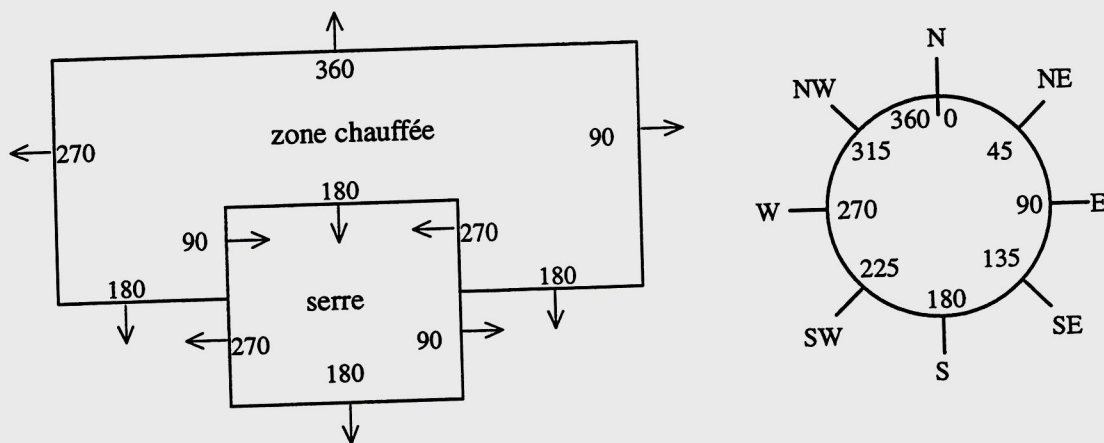


Figure 8: Orientation des façades  
L'orientation d'une façade ou d'un pan de toiture est mesurée par l'orientation géographique de la normale à cet élément. Pour la déterminer, on se place à l'intérieur de la zone et on regarde vers l'extérieur.

## Affectation

L'affectation du bâtiment détermine la catégorie d'ouvrage et les conditions normales d'utilisation (SIA 380/1 et modèle d'ordonnance) utilisés pour le contrôle des performances. Ces affectations sont définies dans "Fiche technique <Recommandations complémentaires pour le calcul de la demande d'énergie de chauffage d'après la SIA 380/1>, OFEN, 1994"

## Type de construction

Le type de construction (neuve ou rénovation) est utilisé uniquement pour le contrôle des performances selon le modèle d'ordonnance.

## Coefficient de transmission de chaleur (coeff. k)

Sous la même dénomination coefficient de transmission de chaleur ou valeur k ou valeur U se trouvent souvent deux grandeurs différentes, que l'on pourrait appeler respectivement "coeff. k homogène" et "coeff. k global ou moyen".

Dans les tableaux de données des divers éléments de l'enveloppe, le coefficient k est la première de ces grandeurs; elle caractérise la partie homogène de l'élément de construction.

Généralement, toute façade, toute dalle, toute toiture, toute fenêtre comprend des ponts thermiques. On considère qu'il est tenu compte de ceux dus aux angles du bâtiment du fait que les données géométriques sont toujours mesurées à l'extérieur des murs. Les autres ponts thermiques, dus par exemple à l'interruption de l'isolation pour la tête de dalle ou à la jonction entre le vitrage et le cadre d'une fenêtre ou celle entre le cadre et le mur, doivent être introduits séparément.

Les ponts thermiques sont caractérisés par leur longueur et leur coefficient linéique de transmission de chaleur (coeff. k linéique en W/m K). On trouvera les coeff. k linéiques des constructions les plus courantes, anciennes ou actuelles, dans les ouvrages:

- SIA Dokumentation D99 "Wärmebrückenatlas 1, Neubaudetails", Zurich, 1985;
- SIA Dokumentation D078 "Wärmebrückenatlas 2, Verbesserte Neubaudetails", Zurich, 1992;
- SIA Dokumentation D0107 "Wärmebrückenatlas 3, Altbaudetails", Zurich, 1993;
- "Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction" Th-K77, Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Paris, 1977, 1982;
- Norme européenne prEN ISO 14683 "Ponts thermiques dans les bâtiments - Coefficients de transmission thermique linéique - Méthodes simplifiées et valeurs de calculs", Comité européen de normalisation (CEN), Bruxelles, 1995;
- Kobra, "Programme informatique permettant d'interroger un atlas de détails de construction sur leur comportement thermique (stationnaire et bidimensionnel)", EMPA, PHYSIBEL, 1995.

Dans le cas d'une façade ventilée, les ponts thermiques sont généralement dus aux points d'accrochage. Afin de décrire leur effet, on indiquera dans la case "longueur" le nombre de points d'accrochage de l'élément de construction et dans la case "coeff. k linéique" la valeur du pont thermique *ponctuel* en W/K.

Le coefficient de transmission de chaleur moyen de l'élément, qui tient compte des parties homogènes et des ponts thermiques, est la deuxième grandeur. Il est indiqué sur les tableaux de données, comme un résultat intermédiaire dans la case "coeff. k global de...".

Dans le cas de la fenêtre, le coeff. k global tient aussi compte de la proportion de vitrage et de cadre.

Dans le cas d'éléments plus complexes, collecteur-fenêtre et mur à isolation translucide par exemple, le coeff. k global tient compte des diverses couches de l'élément.

### Relation avec LESOKAI 4

LESOKAI 4 (Calcul du coefficient de transmission de chaleur et des risques de condensation d'un élément de construction, Version Windows 95, LESO, EPFL, fin 1996) est un logiciel de calcul du coefficient de transmission de chaleur d'un élément de mur homogène ou faiblement hétérogène composé d'un nombre quelconque de couches.

Ce logiciel donne la valeur du coeff. k pour les murs, planchers et plafonds en fonction de leur composition. Une connexion directe entre LESOKAI 4 et LESOSAI 4 est à l'étude pour une future version.

## Méthodes de calcul

### Méthodes de calcul et contrôle des performances

Par méthode de calcul, on entend la manière dont, à partir des données du bâtiment, du climat, des occupants, etc., on détermine les performances de l'ouvrage. Par contrôle des performances, on désigne la manière dont on vérifie si les données sont correctes (correspondent à la catégorie d'ouvrage) et si les performances de l'ouvrage sont satisfaisantes ou non.

#### Méthodes de calcul

LESOSAI 4 comprend 4 méthodes de calcul, que l'utilisateur choisit par l'onglet supérieur de chaque page de données:

Onglet	Référence	Performance calculée
<i>LESO</i>	Méthode simplifiée LESOSAI, in Guide solaire passif, LESO - EPFL, Lausanne, 1985; modifiée 1990, 1995	demande d'énergie de chauffage
<i>CEN</i>	Norme européenne prEN832 "Performance thermique des bâtiments - Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage", Comité européen de normalisation (CEN), Bruxelles, 1995	demande d'énergie de chauffage
<i>SIA 380/1</i>	Recommandation SIA 380/1 "L'énergie dans le bâtiment", SIA, Zurich, 1988	demande d'énergie de chauffage
<i>SIA 180/1</i>	Recommandation SIA 180/1 "Justification de la valeur moyenne de k de l'enveloppe des bâtiments", SIA, Zurich, 1988	valeur moyenne de k

#### Contrôle des performances

LESOSAI 4 comprend 3 types de contrôle des performances, que l'utilisateur choisit, si nécessaire, dans la page "Option Calcul":

Contrôle	Référence	Méthode de calcul applicable
Modèle d'ordonnance	Modèle d'ordonnance "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment", OFEN, Berne, 1993	SIA 380/1, CEN, (LESO)
SIA 380/1	Recommandation SIA 380/1	SIA 380/1, CEN, (LESO)
SIA 180/1	Recommandation SIA 180/1	SIA 180/1

Les recommandations SIA (380/1 et 180/1) offrent la possibilité de choisir entre valeur cible et valeur limite. La valeur cible est la valeur que tout bâtiment, pour lequel s'applique la recommandation, doit satisfaire. La valeur limite est la valeur que doit satisfaire tout bâtiment qui vise une consommation modérée d'énergie.

LESO et CEN désignent uniquement des méthodes de calcul tandis que SIA 380/1 et SIA 180/1 sont à la fois des méthodes de calcul et des types de contrôle de la performance calculée. Le modèle d'ordonnance est uniquement un contrôle de performances.

## Réglementation cantonale

Les prescriptions d'isolations thermiques imposent un contrôle du bâtiment. Le type de contrôle varie d'un canton à l'autre (état au 1.4.95):

	Modèle d'ordonnance (calcul SIA 380/1)	SIA 380/1	SIA 180/1
ZH	X		
BE	X		
LU	X		
UR	X		
SZ	X		
OW		X	
NW		X	
GL		X	
ZG	X		
FR		X	
SO	X		
BS	X		
BL	X		
SH			X
AR		X	
AI			X
SG		X	
GR	X		
AG			X
TG		X	
TI		X	
VD			X
VS		X	X
NE	x	x	X
GE			X
JU	X		

## Différence entre les méthodes de calculs

Les principales différences entre les méthodes qui permettent le calcul de la demande d'énergie de chauffage concernent:

- les pertes thermiques vers le terrain,
- le calcul des pertes thermiques,
- les caractéristiques des fenêtres,
- les apports pour des éléments solaires autres que les fenêtres,
- le taux d'utilisation des apports de chaleur.

Le détail de ces différences est exposé dans les chapitres ci-après.

## Pertes thermiques vers le terrain

Lorsque des éléments d'enveloppe sont en contact avec le terrain leurs pertes thermiques sont moins élevées que s'ils étaient en contact avec l'air extérieur. Le calcul de cette diminution diffère suivant la méthode utilisée.

### SIA 380/1

On utilise le coefficient  $k$  de la paroi ou du plancher, mais la température du terrain est supérieure à la température de l'air extérieur. L'écart vaut, pour tout emplacement (SIA 380/1, tableau D-2-1):

- pour une paroi: 2°C,
- pour un plancher: 4°C.

Remarque: la recommandation SIA 380/1, par souci de simplification pour le calcul manuel, fait une distinction entre les emplacements du plateau suisse se trouvant entre 300 et 800 m d'altitude et le reste de la Suisse. LESOSAI 4 ignore cette distinction et applique la règle ci-dessus pour toute altitude.

### CEN

On utilise la température de l'air extérieur, mais le coefficient  $U$  (coeff.  $k$ ) est réduit pour tenir compte du terrain (Norme européenne prEN 1190 "Performance thermique des bâtiments - Transfert de chaleur par le sol - Méthode de calcul", Comité européen de normalisation (CEN), Bruxelles, 1995).

### LESO

On utilise la température de l'air extérieur et le coefficient  $k$  de l'élément mais sa surface de déperdition est réduite. Seuls les 2 premiers mètres enterrés, sur tout le périmètre, contribuent aux pertes.

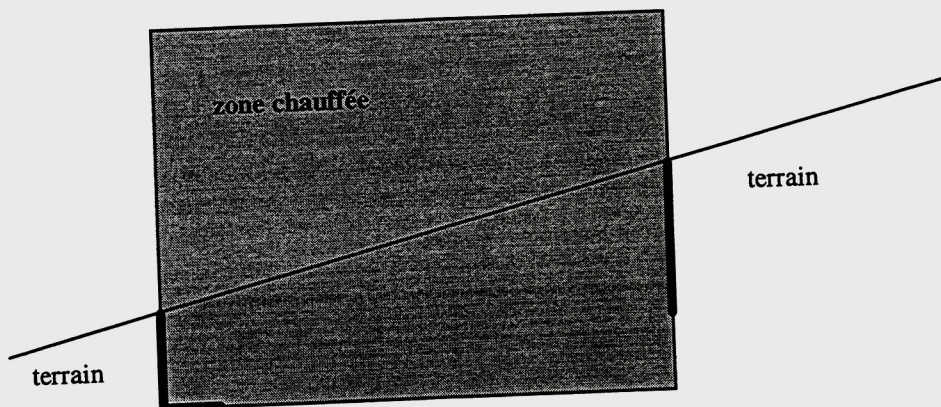


Figure 9: Pertes vers le terrain (méthode LESO)

Seuls les 2 premiers mètres enterrés (trait gras) contribuent aux pertes. Cette surface de déperditions peut être soit verticale (façade), soit horizontale (plancher), soit une combinaison des deux. Pour un terrain en pente, la profondeur à indiquer est la valeur moyenne pour le plancher, (ou la façade) concerné(e).

## Pertes thermiques

Le calcul des pertes thermiques d'un élément s'exprime théoriquement par:

$$Q = A \cdot U \cdot (T_{\text{cit}} - T_{\text{ult}}) \cdot t$$

où  $Q$  = pertes thermique [MJ]

$A$  = surface [m<sup>2</sup>]

$U$  = coefficient de déperditions de chaleur [W/m<sup>2</sup>K]

$T_{\text{cit}}$  = température du côté intérieur de l'élément [°C] (ce n'est pas toujours l'air intérieur)

$T_{\text{ult}}$  = température du côté extérieur de l'élément [°C] (ce n'est pas toujours l'air extérieur)

$t$  = durée [Ms] (1 Ms = 10<sup>6</sup> s ou 1 h = 0.0036 Ms).

Chacune des méthode de calcul a adapté cette formule pour le calcul des pertes thermiques.

**LESO**

La formule est utilisée telle quelle.  $T_{ult}$  est calculée pour chaque élément si cela est nécessaire (pertes vers une serre, une zone non chauffée, etc.). Pour chaque mois,  $T_{cit}$  et  $T_{ult}$  sont les températures moyennes sur tout le mois et  $t$  est la durée totale du mois.

**CEN**

La formule est remplacée par:

$$Q = A \cdot U \cdot b \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot t$$

où  $T_{int}$  = température de l'air intérieur

$T_{ext}$  = température de l'air extérieur

$b$  = coefficient de pondération [-].

Le coefficient de pondération tient compte du fait que  $T_{ult}$  peut être différente de  $T_{ext}$ . Dans le cas le plus courant, élément entre l'intérieur et l'(air) extérieur,  $b = 1$ .  $t$  est la durée totale du mois.

**SIA 380/1**

Pour les pertes d'un élément usuel (non chauffant) vers l'air extérieur, la formule est remplacée par:

$$Q = A \cdot U \cdot DJ \cdot c$$

où  $DJ$  = degrés-jours de chauffage du mois considéré ou de l'année [K·d]

$c = 0.0864$  Ms/d.

Pour les autres pertes thermiques, la formule est remplacée par:

$$Q = A \cdot U \cdot (T_{cit} - T_{ult}) \cdot JC \cdot c$$

où  $T_{cit}$  = température de l'élément durant les jours de chauffage [°C]

$T_{ult}$  = température de la zone contiguë à l'élément durant les jours de chauffage [°C]

$JC$  = nombre de jours de chauffage du mois (ou de l'année) [d]

$c = 0.0864$  Ms/d.

**Caractéristiques des fenêtres**

Plusieurs grandeurs sont nécessaires pour décrire une fenêtre:

- la surface: ouverture brute faite dans la paroi pour y placer la fenêtre;
- la fraction de cadre: part opaque de l'ouverture;
- le coefficient  $k$  du cadre;
- le facteur de voilage: part de l'énergie solaire rejetée à l'extérieur suite à la présence d'un rideau ou d'un store intérieur;
- la fraction ombrée de la fenêtre;
- le pont thermique (longueur et coeff.  $k$  linéique) créé sur le pourtour de la fenêtre;
- le type de vitrage.

Au type de vitrage sont liées les caractéristiques thermiques et optiques nécessaires au calcul des pertes thermiques et des gains solaires (voir chapitre vitrages):

- toutes les méthodes utilisent le coefficient de transmission de chaleur  $K_{ie}$  pour le calcul des pertes;
- la méthode de calcul **LESO** utilise le coefficient de transmission énergétique du rayonnement perpendiculaire tandis que les autres méthodes utilisent le coefficient global.

## Mur à isolation translucide

Un mur à isolation translucide (on ne distingue pas les images mais la lumière passe à travers l'isolation) est constitué (de l'intérieur vers l'extérieur) d'un mur massif absorbant sur lequel est collée l'isolation translucide protégée par un vitrage extérieur. Un store mobile permet d'ombrer le système (figure 10).

Pour le calcul du coefficient de transmission de chaleur, ces éléments sont placés en série.

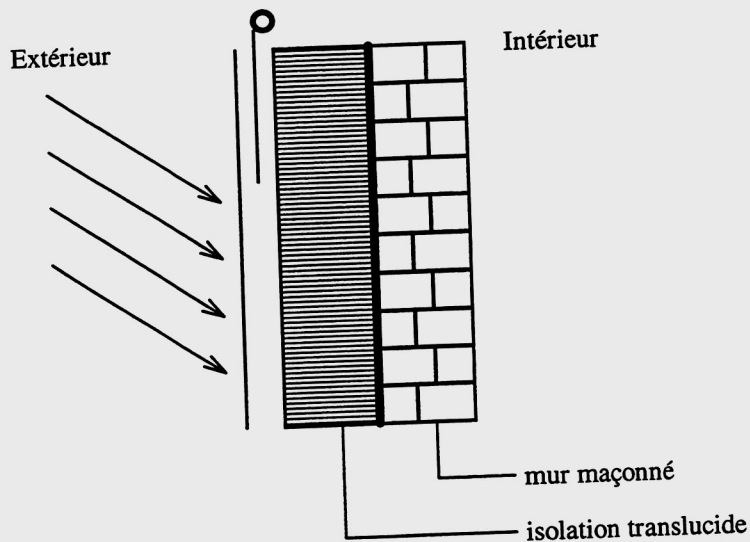


Figure 10: Mur à isolation translucide.

Les éléments principaux de ce type de mur sont, de l'intérieur vers l'extérieur:

- un mur maçonné, en brique lourde ou béton, dont la face tournée vers l'extérieur est absorbante;
- l'isolation translucide collée contre le mur;
- une protection solaire mobile;
- un verre extérieur de protection contre les intempéries.

Pour le calcul *SIA 180/1*, si le mur est peu isolant, le coefficient d'ensoleillement  $s$  peut être différent de 1.

Pour les méthodes *LESO*, *CEN* et *SIA 380/1*, l'énergie captée par le mur est en partie transmise à l'intérieur, puis additionnée aux autres apports de chaleur. Le même taux d'utilisation est appliqué à tous les apports solaires passifs.

La valeur  $k$  du mur massif demandée par le programme influence très faiblement le coefficient global de transmission de chaleur du mur à isolation translucide mais agit par contre très fortement sur le coefficient de transmission énergétique  $g$ . Ceci permet, en variant la valeur  $k$  du mur massif, d'ajuster  $g$  à la valeur désirée (valeur expérimentale par exemple) sans influencer notablement la valeur  $k$  de l'ensemble.

## Collecteur-fenêtre

Un collecteur-fenêtre est un système formé de deux vitrages, l'un intérieur et l'autre extérieur, qui délimitent un canal d'environ 10 à 20 cm de profondeur dans lequel un store vénitien peut être abaissé. De l'air pulsé par un ventilateur et circulant en boucle fermée permet d'extraire la chaleur d'origine solaire captée par le store vénitien, chaleur qui est ensuite conduite vers un stock thermique (généralement à lit de gravier). En dessous du seuil d'intensité du rayonnement choisi, le store est relevé et le ventilateur arrêté (mode "passif") alors qu'en dessus de ce seuil le store est abaissé et le ventilateur enclenché (mode "actif").

Pour le calcul du coefficient de transmission de chaleur, le collecteur-fenêtre est considéré comme étant une double fenêtre.

Les apports de chaleur sont traités différemment suivant les méthodes de calcul.

### *SIA 180/I*

Si les 2 vitrages sont suffisamment transparents, le coefficient d'ensoleillement  $s$  peut être différent de 1.

### *SIA 380/I*

Seuls sont comptabilisés les apports solaires directs (énergie traversant les 2 fenêtres et arrivant à l'intérieur du bâtiment). Le store vénitien est négligé.

### *LESO et CEN*

Les apports de chaleur solaires pénétrant dans la zone chauffée se divisent en deux parties. L'une directe (mode "passif"), l'autre indirecte (mode "actif") car provenant du stock thermique. Ce stock étant à court terme (au maximum 2 à 3 jours), les apports directs et indirects profitent au bâtiment durant le même mois de calcul. *Ils sont donc additionnés et soumis au même taux d'utilisation.*

## Serre

La serre est une zone non chauffée mais captrice d'énergie solaire. Elle est séparée de la zone chauffée par une paroi appelée "paroi interface" composée d'un mur comportant éventuellement fenêtres et de porte. La serre est considérée de manière différente suivant les normes.

### *SIA 180/I*

La serre est un espace non chauffé. Le coefficient d'enveloppe  $b$  vaut 0.5.

### *SIA 380/I*

Seuls sont comptabilisés les apports solaires directs à travers les fenêtres séparant la zone chauffée de la serre. Les apports indirects, échauffement de la serre, sont négligés.

### *LESO et CEN*

Les apports solaires sont divisés en 2 parties: les directs et les indirects. Les apports solaires directs sont dus à l'énergie passant à travers les fenêtres et les murs interfaces. L'énergie absorbée par les surfaces opaques de la serre permettent d'augmenter sa température et en conséquence de diminuer les pertes de la zone chauffée; cela constitue les apports solaires indirects. Dans la méthode LESO, la part de l'énergie réfléchie par les vitrages interfaces qui ne ressort pas de la serre (85%) contribue aussi aux apports solaires indirects.

## Façade double-peau

Une façade double-peau est formée de deux enveloppes (deux peaux) séparées par un espace de 15 cm à plus d'un mètre. Cela ressemble à une serre très peu profonde, mais le taux de renouvellement d'air de ce volume avec l'extérieur est très supérieur. En effet, une double-peau n'est généralement pas étanche et il existe parfois des ouvertures créées au bas et au haut de la double-peau pour la ventiler. Les taux sont à indiquer par l'utilisateur. La version future de LESOSAI les calculera à partir de caractéristiques complémentaires de la façade double-peau.



Le programme calcule la double-peau comme une serre sauf pour les points suivants:

### **SIA 180/I**

La double-peau n'est pas considérée comme une zone mais comme une double paroi. Le coefficient de transmission de chaleur résulte de la mise en série des résistances thermiques des 2 peaux.

### **LESO**

L'énergie réfléchie par le vitrage intérieur ressort pour moitié. L'autre moitié contribue aux apports solaires indirects.

## **Local non chauffé, combles non chauffés, cave non chauffée**

Sous les termes local non chauffé, combles non chauffés et cave non chauffée, on considère uniquement des zones ne captant aucun apport solaire bénéfique à la zone chauffée.

## **Élément chauffant**

On entend par élément chauffant tout élément de l'enveloppe qui est directement chauffé et qui tient lieu d'émetteur de chaleur. Cela concerne:

- le chauffage par le sol,
- le chauffage par le plafond, éventuellement par une paroi,
- une fenêtre, lorsque le radiateur ou le convecteur est placé directement devant celle-ci.

Les pertes thermiques d'un élément chauffant sont plus élevées car sa température est supérieure à la température ambiante. Les méthodes tiennent compte différemment de ces éléments:

- **LESO** et **SIA 380/I**: la température "intérieure" est augmentée de 10 K durant les jours de chauffage;
- **CEN**: le coefficient de pertes thermiques (valeur  $k$ ) est augmenté. Cette augmentation dépend de la position de la couche chauffante dans l'élément de l'enveloppe (indiquée par le coefficient de transmission de chaleur de l'élément à (vers) l'intérieur) et est proportionnelle au gradient de puissance. Le gradient de puissance désigne l'augmentation de puissance apportée par l'élément chauffant lorsque la température extérieure baisse de 1 K.
- **SIA 180/I**: pas de différence avec un élément non chauffant.

## **Échanges radiatifs**

La méthode de calcul **CEN** prEN832 peut tenir compte des échanges radiatifs des éléments opaques avec leur environnement. Ainsi un mur extérieur peut aussi, de jour, capter l'énergie solaire et en transmettre une faible partie à l'intérieur du bâtiment. En contrepartie, il émettra, de nuit, une partie de sa chaleur vers le ciel.

Afin d'effectuer ce bilan, il est supposé que la température apparente du ciel est 10 K inférieure à la température de l'air extérieur. Le coefficient d'échange de chaleur par rayonnement est constant et vaut  $5 \text{ W/m}^2\text{K}$  pour une émissivité de 1.

La méthode de calcul **LESO** tient compte des échanges thermiques plus élevés avec le ciel (température apparente du ciel inférieure à la température de l'air extérieur), uniquement pour les fenêtres, en augmentant l'écart de température entre l'élément et son environnement. L'augmentation varie linéairement en fonction de l'inclinaison de 0 pour une fenêtre verticale à 5% pour une fenêtre horizontale.

## Facteur d'utilisation, taux d'utilisation

Le taux d'utilisation est la part des apports de chaleur internes et solaires qui contribuent effectivement au chauffage du bâtiment. Il dépend de nombreux paramètres:

- les pertes thermiques,
- les apports de chaleur internes et solaires,
- la capacité thermique du bâtiment,
- l'isolation du bâtiment,
- la régulation de chauffage,
- le pas de calcul (mensuel ou annuel)
- etc.

Les méthodes de calcul LESO et SIA 380/1 supposent un bâtiment de construction mi-lourde à lourde. Le taux d'utilisation est fonction du rapport apports de chaleur / pertes thermiques et du type de régulation de chauffage. La méthode LESO connaît uniquement les calculs mensuels.

### LESO

Pour la méthode LESO, on distingue entre 4 types différents suivant la / les grandeur(s) servant à régler:

- température de l'air intérieur, avec abaissement nocturne de la température (type 1);
- température de l'air extérieur et ensoleillement, avec abaissement nocturne de la température (type 2);
- température de l'air extérieur, avec abaissement nocturne de la température (type 3);
- température de l'air extérieur, sans abaissement nocturne de la température (type 4);

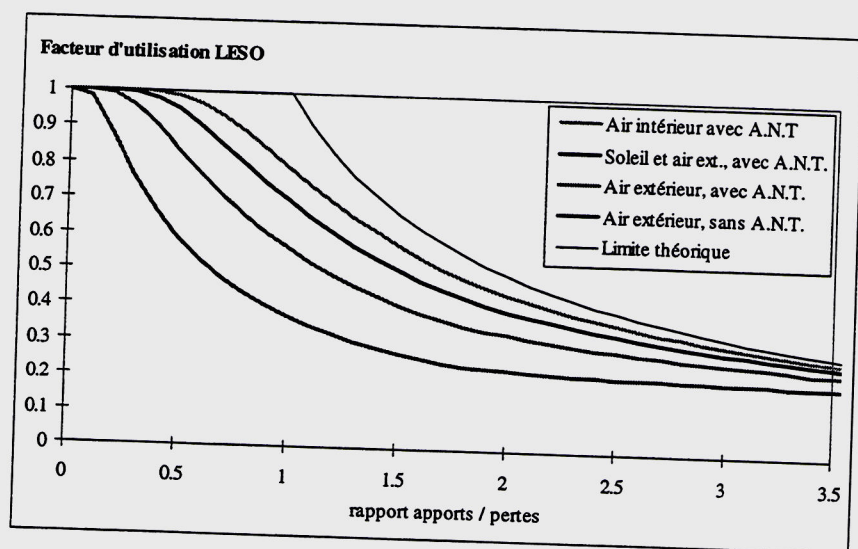


Figure 11: Facteur d'utilisation LESO

Le Facteur d'utilisation dépend du mode de régulation du chauffage et du rapport apports / pertes.

**SIA 380/1**

La méthode SIA 380/1 distingue entre calcul mensuel et annuel. Les régulations sont classées en 2 catégories uniquement:

- température de l'air intérieur ou soleil (type 1 ou 2)
- uniquement température de l'air extérieur (type 3 ou 4).

En cas de calcul annuel, la variation du taux d'utilisation est une fonction linéaire du rapport apports / pertes.

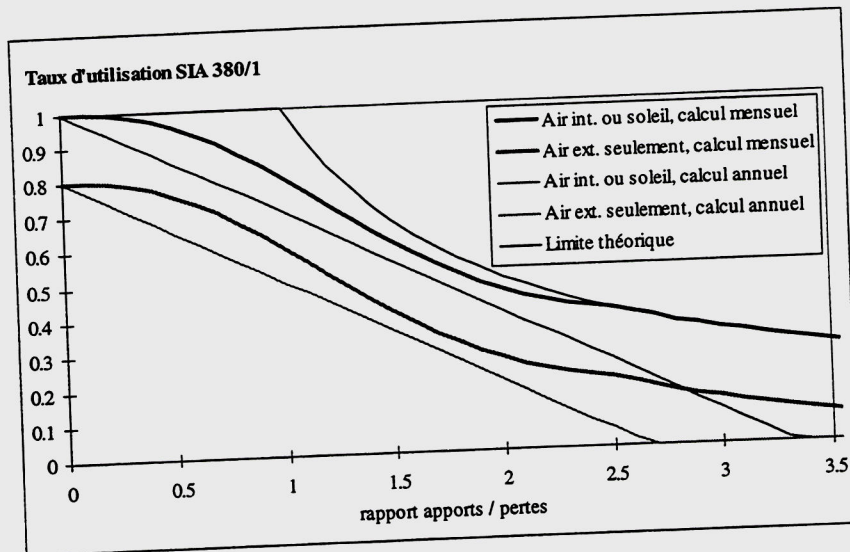


Figure 12: Facteur d'utilisation SIA 380/1

Le taux d'utilisation dépend du mode de régulation du chauffage et du rapport apports / pertes. Le mode de calcul, annuel ou mensuel, donne lieu à des fonctions différentes. En calcul annuel, la variation du taux d'utilisation est une fonction linéaire du rapport apports / pertes.

**CEN**

La méthode de calcul CEN, mensuelle, suppose une régulation de chauffage idéale. Elle ne tient compte que de la constante de temps du bâtiment. Cette dernière est fonction de la masse thermique et du coefficient de pertes thermique du bâtiment. Seul le calcul mensuel est fait par LESOSAI 4.

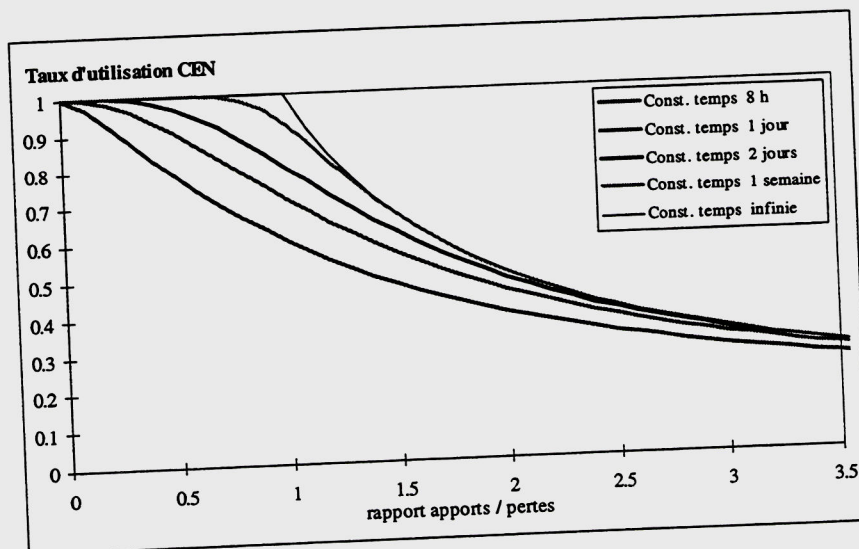


Figure 13: Taux d'utilisation CEN prEN832

Dans cette méthode, le taux d'utilisation est une fonction de la constante de temps du bâtiment et du rapport apports / pertes.

## Calculs complémentaires

### Chauffage solaire

Il est possible d'adjoindre au bâtiment un système de chauffage solaire. Il est composé d'un stock d'eau et de champs de capteurs.

Afin de tenir compte de ce chauffage solaire, la case "chauffage solaire" de la page "Options calcul" doit être cochée et il est nécessaire d'indiquer la température du stock au début de la période de calcul.

Le choix de la période de calcul peut avoir une grande importance: un calcul sur la période "janvier à décembre" donnera un tout autre résultat que le calcul de "juillet à juin"! En choisissant la période de mai à avril, le résultat ne dépend pratiquement pas de la température initiale du stock.

Pour le chauffage solaire, le pas de calcul mensuel étant trop long, un pas de calcul de 10 jours a été choisi. Il est réalisé par interpolation entre les valeurs mensuelles.

Les apports des capteurs solaires sont affectés en priorité au chauffage du bâtiment. Si ce dernier n'a plus de demande, cette énergie est stockée. Lorsque la température maximale de charge du stock est atteinte, la chaleur excédentaire fournie par les capteurs est rejetée.

Lorsque les capteurs ne fournissent pas assez d'énergie pour répondre à la demande en chauffage du bâtiment, le stock fournit l'énergie complémentaire. Lorsque sa température minimale de décharge est atteinte, il ne peut plus rien fournir et le chauffage du bâtiment doit être assuré par une source auxiliaire. À cause de ses pertes, la température du stock peut descendre en dessous de la température minimale de décharge.

En cas de chauffage solaire, 2 calculs sont effectués. Le premier pour un fonctionnement optimal (idéal) du système. La température moyenne des capteurs vaut, par défaut, 5° de plus que la température moyenne du stock. Pour le second calcul, qui représente le fonctionnement probable du système, la température moyenne des capteurs est de 15° supérieure à celle du stock.

#### Remarque

*Pour le chauffage solaire, stock et capteurs sont liés. Un stock sans capteur ou des capteurs sans stock conduisent à des résultats imprévisibles et faux.*

## Calcul d'incertitude

### Démarche

Les données fournies au programme sont censées décrire au mieux la réalité. Cependant, il peut y avoir des différences pour plusieurs raisons:

- les dimensions du bâtiment construit ne correspondent pas exactement aux plans; ces différences sont faibles (le maçon travaille au centimètre près) mais pas nulles;
- les caractéristiques des matériaux de construction peuvent s'écarter de quelques pour cent de celles indiquées par les fournisseurs; de plus certaines caractéristiques peuvent varier avec le temps (la conductibilité thermique par exemple);
- le comportement des occupants est très difficile à caractériser; c'est la plus grande source d'incertitude!

Toutes ces incertitudes sur les données conduisent à une incertitude sur le résultat. C'est pourquoi LESOSAI 4 propose d'effectuer un calcul d'incertitude (cocher la case "calcul d'incertitude" de la page "option calcul").

Les données climatiques varient d'une année à l'autre et cela peut donc être une source d'incertitude sur la demande d'énergie de chauffage. Ces données n'étant pas liée à la construction du bâtiment, LESOSAI 4 n'en tient pas compte dans ce calcul d'incertitude.

Le calcul de l'incertitude sur le résultat pourrait être fait analytiquement, mais c'est un travail très (trop) long, complexe et fastidieux. Une méthode plus simple a été utilisée. Elle consiste à calculer un grand nombre de variantes en faisant varier simultanément toutes (ou presque) les données du bâtiment et celles relatives aux occupants. L'ensemble des résultats (demande d'énergie de chauffage) fournit une densité de probabilité. Il est ainsi possible d'indiquer avec quelle probabilité le bâtiment construit et occupé aura une demande d'énergie de chauffage supérieure à la valeur "nominale" calculée ou supérieure à la valeur limite SIA ou par exemple inférieure à 150 MJ/m<sup>2</sup>.

Des travaux de recherche (par ex. "Kevin J. Lomas, Herbet Eppel, Sensivity analysis techniques for building thermal simulation programs, in Energy and Buildings, 19 (1992)" ou "Fürbringer J.-M., Sensibilité de modèles et de mesures en aéraulique du bâtiment à l'aide de plans d'expériences, Thèse n°1217, EPFL, 1994") ont montré que le calcul de 60 variantes permet déjà de se faire une idée correcte de l'incertitude sur le résultat. Afin de limiter le temps de calcul, LESOSAI 4 n'en effectue pas plus.

Le calcul de ces 60 variantes peut demander plusieurs minutes suivant la complexité du bâtiment et la rapidité de l'ordinateur utilisé. C'est pourquoi LESOSAI 4 effectue ce calcul en tâche de fond. Il est ainsi possible pendant ce temps de faire d'autres calculs:

- le même bâtiment avec une autre méthode de calcul,
- une variante du bâtiment,
- un autre bâtiment.

Dans ce cas enlever la croix "calcul d'incertitude" (page de données "Options calcul") afin de ne pas interrompre le calcul d'incertitudes en cours.

### Incertitude sur les données

La valeur de chaque grandeur de chaque variante est déterminée aléatoirement selon une loi normale ou dérivée. La moyenne est égale à la valeur nominale (la donnée) de la grandeur. La loi normale a été tronquée à 3 écarts-types.

L'écart-type est fonction du type de variable:

variable	écart-type	distribution
capacité thermique	25 %	lg
coefficient d'absorption	5 %	lg2
coefficient k	10 %	lg
coefficient k linéique	10 %	lg
consommation d'électricité	10 %	lg
débit d'air (installation de ventilation)	10 %	lg
durée de fonctionnement	25 %	lg
durée d'utilisation	25 %	lg
émissivité	5 %	lg2
épaisseur	5 %	lg
facteur de voilage	5 %	lg2
fraction de cadre	5 %	lg2
fraction ombrée	5 %	lg2
gradient de puissance (chauffage par le sol)	20 %	lg
inclinaison	0.1 °	g
longueur	5 %	lg
nombre de personnes	10 %	lg
orientation	5 °	g
périmètre	5 %	lg
profondeur, hauteur	5 %	lg
rendement	5 %	lg2
seuil de rayonnement	10 %	lg
surface	1 %	lg
taux de renouvellement d'air	50 %	lg
température intérieure	1 K	g
type de régulation	0.1	gt
volume	1.5 %	lg

g = la distribution de probabilité de la variable suit une loi normale (loi gaussienne),

gt = la distribution de probabilité de la variable suit une loi normale (loi gaussienne), les performances des différents types de régulation sont interpolées,

lg = la distribution de probabilité du logarithme de la variable suit une loi normale (loi "log-normale"),

lg2 = la distribution de probabilité du logarithme de la variable et du logarithme de (1 - variable) suivent chacun une loi normale (par exemple, pour les fenêtres, on varie alternativement la fraction de cadre et la fraction de vitrage).

## Fichiers annexes

### Lesosai4.ini

Le fichier LESOSAI4.INI est situé dans votre répertoire Windows (par ex. C:\WINDOWS). Il contient certaines informations nécessaires au bon fonctionnement de LESOSAI 4.

Le fichier Lesosai4.ini peut être modifié avec un éditeur de texte en mode "texte seulement" (ASCII), par exemple NotePad, WordPad ou Word.

Les informations sont toujours écrites après un mot-clé suivi d'un signe égal:

FileCLM =	liste des fichiers climats, séparés par une virgule
FileGLZ =	liste des fichiers vitrages, séparés par une virgule
PrgDir =	répertoire où se trouve le programme
BldDir =	répertoire où se trouvent les fichiers bâtiments
GlzDir =	répertoire où se trouvent les fichiers vitrages
ClmDir =	répertoire où se trouvent les fichiers climats
TmpDir =	répertoire où se trouvent les fichiers temporaires
Top_Offset =	pour l'impression des formulaires: augmentation, en cm, de la marge supérieure. (Nécessaire pour certaines imprimantes, par exemple les Hewlett Packard Desk Jet)
LPT_Zoom =	pour l'impression des formulaires: facteur d'échelle (1 = pas de changement) (Nécessaire pour certaines imprimantes, par exemple les Hewlett Packard Desk Jet)

Toute autre indication est considérée par le programme comme étant un commentaire. L'orthographe exacte, y compris les espaces et les majuscules dans les mots-clés, est nécessaire au programme.

### Climat

Les données climatiques nécessaires au programme sont dans des fichiers (dits fichiers climats) se trouvant dans le répertoire ...lesosai4\clm. Les données peuvent être réparties dans plusieurs fichiers, chacun peut contenir plusieurs stations climatiques.

La liste des fichiers climats doit être indiquée au programme dans le fichier lesosai4.ini.

2 fichiers climats sont fournis avec le programme:

- SIA381\_2.CLM contient les données des 58 stations climatiques (tableau 14) de la recommandation SIA 381/2 "Données climatiques relatives à la recommandation SIA 380/1 <L'énergie dans le bâtiment>"; *ce fichier ne doit pas être modifié par l'utilisateur.*
- TABLE.CLM contient une station climatique; ce fichier sert d'exemple à l'utilisateur et il peut être modifié sans autre.

Remarque: la recommandation SIA 381/2 constitue une version séparée, corrigée, de l'annexe D4 de la recommandation SIA 3801/1.

Les fichiers contiennent plus de données que celles nécessaires au calcul demandé. Ces données supplémentaires sont, soit des informations complémentaires (par exemple la région climatique), soit des informations nécessaires à d'autres méthodes de calculs. Le calcul selon SIA 180/1 n'a besoin d'aucune donnée climatique.

Les fichiers climats peuvent être édités avec un éditeur de texte en mode "texte seulement" (ASCII), par exemple NotePad, WordPad ou Word.

La structure des fichiers climats est la suivante: le nom d'une station climatique est placé, entre crochets, sur une ligne, les lignes suivantes comportent chacune un mot-clé suivi d'un signe égal et de l'ensemble des données (1 ou 12 valeurs suivant les cas) correspondant au mot-clé:

[ccc]	description	unité	X = nécessaire o = facultatif pour		
			LESO	CEN	380/1
[ccc]	ccc = nom de la station climatique (au max. 19 caractères)		X	X	X
Référence =	source des données climatiques		X	X	X
Pays =	abréviation du pays				
Altitude =	altitude de la station	m			
Région climatique =	numéro de la région climatique selon SIA 381/2				
Situation =	code désignant la situation de la station selon SIA 381/2				
Te Min =	température extérieure minimale servant de base au calcul de la puissance thermique nécessaire (SIA 384/2)	°C			
Te Mth =	valeurs moyennes mensuelles de la température extérieure	°C	X	X	X
GH Mth =	rayonnement global horizontal mensuel	MJ/m <sup>2</sup>	X	X	X
GS Mth =	rayonnement global vertical sud mensuel	MJ/m <sup>2</sup>	o	o	o
GE Mth =	rayonnement global vertical est mensuel	MJ/m <sup>2</sup>	o	o	o
GW Mth =	rayonnement global vertical ouest mensuel	MJ/m <sup>2</sup>	o	o	o
GN Mth =	rayonnement global vertical nord mensuel	MJ/m <sup>2</sup>	o	o	o
JC10 = JC12 = JC14 =	valeurs moyennes du nombre de jours de chauffage mensuel pour une température limite de chauffage de respectivement 10, 12 et 14 °C	d	X*		X
DJ18/10 = DJ20/12 = DJ22/14 =	valeurs moyennes des degrés-jours mensuels pour une température ambiante et une température limite de chauffage de respectivement 18/10, 20/12 et 22/14 °C	d.K			X

\* = pour les éléments chauffants uniquement.

Toute autre indication est considérée par le programme comme étant un commentaire. L'orthographe exacte, y compris les espaces et les majuscules dans les mots-clés, est nécessaire au programme.

Les rayonnements globaux verticaux sont facultatifs. En leur absence, le programme les calcule au moyen des facteurs empiriques de transposition. Ces facteurs mensuels permettent d'obtenir le rayonnement vertical pour une des 4 orientations principales en fonction du rayonnement horizontal. Pour une latitude ou un climat différent de celui de la Suisse, il est déconseillé d'utiliser les facteurs empiriques de transposition.



Station	Altitude [m]	Te min [°C]	Te moyenne annuelle [°C]	GH total annuel [MJ/m <sup>2</sup> ]	JC12 total annuel [d]	DJ20/12 total annuel [K d]
Airolo	1167	-8	6.1	4547	272	4615
Altdorf	449	-6	9.2	4378	220	3443
Arosa	1865	-12	2.2	4954	335	6317
Bad Ragaz	518	-9	8.8	4501	221	3581
Basel - Binningen	316	-8	9.4	4130	214	3348
Beatenberg	1180	-8	6.7	4544	268	4404
Bern	572	-8	8.6	4284	226	3668
Bever	1712	-16	1.2	4975	337	6688
Betzau	330	-8	8.9	4144	221	3510
Biel / Bienne	434	-8	8.6	4285	228	3672
Château-d'Œx	994	-11	6.0	4807	274	4673
Chippis	522	-7	9.5	5031	207	3381
Chur	582	-8	9.0	4509	218	3527
Comprovasco	544	-4	9.4	4916	217	3304
Davos	1561	-14	3.1	4907	315	5884
Delémont	416	-7	8.4	4036	229	3683
Disentis / Mustér	1173	-9	6.6	4656	268	4439
Einsiedeln	914	-10	6.3	4257	266	4540
Engelberg	1018	-10	5.7	4461	278	4786
Fey (Nendaz)	780	-9	8.3	5035	233	3780
Fribourg	677	-9	8.1	4392	238	3872
Genève	405	-5	10.4	4446	203	3072
Glarus	480	-9	8.0	4335	233	3876
Göschenen	1109	-9	5.6	4517	285	4849
Grand-St-Bernard	2472	-17	-1.1	5456	359	7679
Heiden	809	-10	6.9	4205	260	4332
Interlaken	568	-7	8.2	4303	233	3800
Jungfrauoch	3576	-21	-8.1	5509	365	10235
Kreuzlingen	446	-8	8.6	4213	228	3668
La Chaux-de-Fonds	990	-10	7.2	4448	258	4185
Langenbruck	740	-9	7.4	4288	250	4132
Langnau i.E.	692	-9	7.8	4131	242	3961
Lausanne	589	-6	9.5	4514	214	3377
Leysin	1350	-9	6.0	4893	284	4722
Locarno-Monti	379	-2	11.7	4943	182	2631
Lugano	275	-2	11.8	4658	182	2644
Luzern	498	-8	8.7	3939	228	3653
Marsens	721	-9	7.9	4408	242	3933
Meiringen	605	-7	8.3	4318	229	3730
Mont-Soleil	1183	-10	5.5	4428	289	4909
Montana	1509	-9	5.8	5259	283	4779
Montreux	376	-5	10.1	4313	206	3133
Neuchâtel	487	-7	9.4	4283	216	3414
Oeschberg	483	-8	8.0	4129	236	3876
Olten	412	-8	8.8	3962	223	3588
Rigi Kulm	1775	-11	2.5	4655	333	6207
Robbia	1078	-7	6.6	4946	263	4371
S. Gottardo	2095	-14	0.1	5125	353	7199
Säntis	2500	-16	-2.1	4925	363	8035
Schaffhausen	435	-8	8.5	4169	227	3695
Scuol	1253	-12	4.8	4926	279	5119
Sion	549	-7	9.9	4908	202	3237
St. Gallen	664	-10	7.7	4210	246	4046
St. Moritz	1833	-14	2.0	4958	336	6407
Weissfluhjoch	2667	-17	-2.6	5307	364	8238
Zermatt	1610	-12	3.4	5400	328	5830
Zürich SMA	556	-8	8.5	4285	229	3717
Zürich-Stadt	411	-7	9.8	4156	208	3260

Tableau 14: liste des stations climatiques du fichier SIA381\_2.CLM

## Rayonnement global pour une orientation et une inclinaison quelconques

### *CEN et SIA 380/1*

Le rayonnement global vertical est constant dans un secteur de 45°. Pour les 4 secteurs intermédiaires entre les 4 orientations principales, le rayonnement global vertical s'obtient par la moyenne géométrique des valeurs des 2 secteurs voisins. Par exemple, le rayonnement global vertical sud-ouest vaut  $G_{SW} = (G_S \cdot G_W)^{1/2}$ .

Le rayonnement global sur un plan incliné s'obtient par interpolation linéaire entre les rayonnement vertical et horizontal. Par exemple, le rayonnement global sur un toit orienté au sud-ouest est incliné à 30° vaut  $G_{SW30} = (30 \cdot G_H + (90-30) \cdot G_{SW}) / 90$ .

### *LESO*

Le rayonnement global est interpolé mathématiquement entre les 5 données (GH, GS, GE, GW, GN). Il n'y a donc pas de secteur avec un rayonnement constant.

### Relation avec METEONORM 95

METEONORM (Énergie solaire et météorologie - Notions de base, logiciel et manuel du concepteur, OFEN, Berne, 1995) est un logiciel de calcul du rayonnement reçu par un plan d'orientation quelconque (azimut et inclinaison) en un site suisse quelconque.

Ce logiciel calcule le rayonnement pour un site précis (commune, altitude, éventuellement ombre des montagnes) sur lequel se trouve un bâtiment. Ces valeurs sont donc beaucoup plus précises que celles que l'on obtient en choisissant une des 58 stations climatiques SIA 381/2. Il n'y a cependant pas de connexion prévue entre LESOSAI 4 et METEONORM. Ceci pour deux raisons.

D'une part, un calcul précis avec LESOSAI 4 demande des données de rayonnement au moins sur le plan horizontal et les 4 plans verticaux principaux. Étant donné que METEONORM ne calcule qu'un seul plan à la fois, cela nécessiterait de faire appel 5 fois de suite à METEONORM, ce qui alourdirait la démarche ou augmenterait sensiblement le temps de calcul. LESOSAI 4 peut se passer des rayonnements verticaux (il les calcule de manière simplifiée à partir du rayonnement horizontal), mais on perdrait alors l'avantage de la précision de METEONORM.

D'autre part, les résultats calculés par LESOSAI 4 ne demandent en général pas une telle précision pour être significatifs. La précision des données climatiques est en général amplement suffisante pour pouvoir prendre des décisions à partir des résultats.

## Vitrages, isolations translucides, capteurs

Les données des vitrages, ainsi que celles des isolations translucides et des capteurs (à eau), nécessaires au programme sont dans des fichiers (dits fichiers vitrages) se trouvant dans le répertoire ...lesosai4\glz. Les données peuvent être réparties dans plusieurs fichiers, chacun peut contenir plusieurs vitrages.

La liste des fichiers vitrages doit être indiquée au programme dans le fichier lesosai4.ini.

2 fichiers vitrages sont fournis avec le programme:

- TABLE.GLZ contient les données de 25 vitrages, 5 isolations translucides et 3 capteurs (tableau 16).
- MATABLE.DAT contient les données des 13 vitrages de la version précédente du programme (LESOSAI-X). Ce fichier peut servir d'exemple à l'utilisateur et il peut être modifié sans autre.

Les fichiers contiennent plus de données que celles nécessaires au calcul demandé. Ces données supplémentaires sont, soit des informations complémentaires (par exemple la transmission lumineuse), soit des informations nécessaires à d'autres méthodes de calculs.

Les fichiers vitrages peuvent être édités avec un éditeur de texte en mode "texte seulement" (ASCII), par exemple NotePad, WordPad ou Word.

La structure des fichiers vitrages est la suivante: le nom du vitrage est placé, entre crochets, sur une ligne, les lignes suivantes comportent chacune un mot-clé suivi d'un signe égal et de la donnée correspondante:

	unité	X = nécessaire pour				
		LESO	CEN	380/1	180/1	
[ccc]	ccc = nom du vitrage (au max. 19 caractères) où: VS = vitrage simple IR = avec couche "sélective" (rayonnement infrarouge) DV = double vitrage IV = vitrage "isolant" double (2) ou triple (3) (air, argon, xénon) = gaz de remplissage F = film sélectif (différents types) absorbant = vitrage absorbant le rayonnement solaire réfl. = vitrage réfléchissant le rayonnement solaire IT = isolation translucide nid d'ab. = en nid d'abeilles (IT)	X	X	X	X	
Type =	1 = vitrage 2 = isolation translucide 3 = peut être un vitrage ou une isolation translucide 4 = capteur	X	X	X	X	
Kie =	coeff. de transmission de chaleur (valeur k) *	W/m <sup>2</sup> K	X	X	X	X
Gg =	transmission énergétique globale *	-	X	X	X	X
Gp =	transmission énergétique perpendiculaire	-	X			
TLum =	transmission lumineuse	-				

\* ces variables ont une autre signification dans le cas des capteurs solaires.

Toute autre indication est considérée par le programme comme étant un commentaire. L'orthographe exacte, y compris les espaces et les majuscules dans les mots-clés, est nécessaire au programme.

Lorsqu'un vitrage ne donne pas sur l'air extérieur, mais sur une zone non chauffée, le coefficient de transmission de chaleur est plus faible puisque le coefficient d'échange thermique superficiel est plus faible dans une zone fermée que à l'extérieur. Le programme effectue automatiquement cette correction.

## Rendement des capteurs solaires

Le fichier des vitrages a été adapté afin de contenir aussi les caractéristiques des capteurs solaires. Les données du rendement des capteurs sont ainsi stockées, mais sous des noms de variables empruntés aux vitrages.

Le rendement d'un capteur solaire dépend de:

- l'ensoleillement, décadaire et non mensuel, dans le plan du capteur  $G_d$  [MJ/m<sup>2</sup>];
- la température extérieure  $T_{ext}$  [°C];
- la température du capteur  $T_{capt}$  [°C];
- la construction du capteur.

Le rendement  $\eta$  du capteur solaire est calculé par la relation:

$$\eta = a \log_{10} M_d + b \quad [-]$$

où  $M_d = G_d / (T_{ext} - T_{capt})$  [MJ/m<sup>2</sup>K] est la variable météo intégrée sur une décade;

a est stocké dans la variable Gg;

b est stocké dans la variable Kie.

Les coefficients a et b caractérisent le rendement du capteur et dépendent de sa construction.

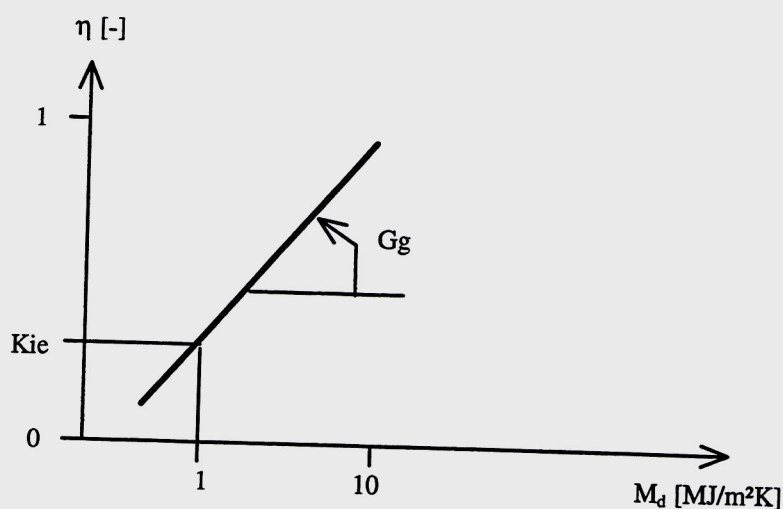


Figure 15: Rendement des capteurs solaires

Le rendement des capteurs solaires  $\eta$  dépend de la température des capteurs  $T_{capt}$  et du climat (température extérieure  $T_{ext}$  et variable météo intégrée sur une décade  $M_d$ ) selon la relation

$$\eta = a \log_{10} M_d + b \quad [-]$$

Les valeurs de a et b sont stockées dans les fichiers vitrages sous les noms de respectivement Gg et Kie.

## Coefficients d'échange thermique superficiel

Ces coefficients varient en fonction des normes utilisées:

coefficient d'échange thermique superficiel [W/m <sup>2</sup> K] (Résistance thermique superficielle [m <sup>2</sup> K/W])	LESO, SIA 380/1, SIA 180/1		CEN	
	intérieur	8	(0.125)	7.7
zone non chauffée	10	(0.10)	10	(0.10)
extérieur	20	(0.05)	25	(0.04)

	Type	Kie [W/m <sup>2</sup> K]	Gg [-]	Gp [-]	Tlum [-]
<b>Vitrages:</b>					
VS	3	5.6	0.82	0.84	0.90
VS-IR	3	4.3	0.66	0.69	0.73
Pavé de verre	3	3.0	0.60	0.65	0.75
DV (double vitrage)	3	2.7	0.69	0.75	0.81
2-IV (air)	3	2.9	0.69	0.75	0.81
3-IV (air)	3	2.0	0.62	0.70	0.74
2-IV (argon)	3	2.7	0.69	0.75	0.73
3-IV (argon)	3	1.9	0.62	0.70	0.71
2-IV-IR (air)	3	1.6	0.62	0.67	0.78
2-IV-IR (argon)	3	1.3	0.62	0.67	0.70
2-IV-IR (xénon)	3	0.9	0.58	0.63	0.76
3-IV-IR-IR (air)	3	1.1	0.43	0.50	0.68
3-IV-IR-IR (argon)	3	0.9	0.43	0.50	0.56
3-IV-IR-IR (xénon)	3	0.4	0.42	0.48	0.64
2-IV+2F88	3	0.69	0.42	0.48	0.63
2-IV+2F77	3	0.63	0.30	0.34	0.51
2-IV+2F55	3	0.44	0.14	0.16	0.27
2-IV absorbant 1	3	2.9	0.44	0.48	0.40
2-IV absorbant 2	3	2.8	0.29	0.31	0.18
2-IV absorbant 3	3	2.5	0.19	0.21	0.07
2-IV réfl. 1	3	2.9	0.30	0.33	0.40
2-IV réfl. 2	3	2.8	0.26	0.28	0.18
2-IV réfl. 3	3	2.5	0.15	0.16	0.07
2-IV-IR réfl. 1	3	1.9	0.30	0.33	0.40
2-IV-IR réfl. 2	3	1.8	0.26	0.28	0.18
<b>Isolation translucide:</b>					
DV+IT 5cm nid d'ab.	3	1.4	0.67	0.74	
DV+IT10cm nid d'ab.	3	0.9	0.64	0.71	
VS+IT 5cm nid d'ab.	2	1.4	0.75	0.83	
VS+IT10cm nid d'ab.	2	0.9	0.72	0.80	
VS+IT20cm nid d'ab.	2	0.55	0.66	0.73	
<b>Capteur solaire (à eau):</b>					
Plan sélectif	4	0.18	0.654		
Plan à isol. trans.	4	0.34	0.546		
Cylindrique à vide	4	0.32	0.624		

Tableau 16: Liste des vitrages, isolations translucides et capteurs solaires du fichier TABLE.GLZ.

## Divers

### Unités

Les symboles utilisés pour les unités de mesure sont les suivants:

symbole	nom	équivalence
d	jour	86 400 s
Ms	mégaseconde	1 000 000 s
K	kelvin	1°C
K·d	kelvin jour	1 degré-jour
P	personne	
h <sup>-1</sup>	volume par heure	
kWh	kilowattheure	3.6 MJ
KJ/m <sup>3</sup> K		0.2778 Wh/m <sup>3</sup> K
Wh/m <sup>3</sup> K		3.6 MJ/m <sup>3</sup> K

### Synonymes

De nombreux termes utilisés dans le domaine de l'énergie dans le bâtiment portent un nom différent suivant le texte, normatif ou non, qui l'emploie. Parfois des dénominations semblables correspondent à des grandeurs différentes. Le tableau ci-dessous présente les plus fréquents:

SIA	CEN	LESO, autre	remarque
demande d'énergie de chauffage $Q_{ch}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	besoins annuels de chauffage $Q_h$ [MJ]	besoins annuels de chauffage $Q_h$ [MJ] demande d'énergie de chauffage $Q_{ch}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	
valeur moyenne de k de l'enveloppe		k moyen	
surface S [m <sup>2</sup> ]	aire A [m <sup>2</sup> ]	surface S [m <sup>2</sup> ]	
surface de l'enveloppe A [m <sup>2</sup> ]			SIA 380/1: $A = \Sigma (b \cdot A)$ SIA 180/1: $A = \Sigma A$ si $b \ll 0$
coeff. de transmission de chaleur k [W/m <sup>2</sup> K]	coeff. de transmission thermique U [W/m <sup>2</sup> K]	coeff. k, valeur k	
coeff. tenant compte du milieu extérieur à l'enveloppe b [-]	facteur de pondération b [-]	facteur d'enveloppe b [-]	
facteur d'émission e [-]		émissivité e [-]	
capacité calorifique spécifique		capacité thermique volumique	
châssis		cadre	
quote-part vitrée $f_v$ [-]	facteur de réduction pour les encadrements $F_F$ [-]	fraction de cadre $f_c$ [-]	$f_c = 1 - f_v$ $F_F = f_v$
	facteur d'ombre s [-]	fraction ombrée s [-]	sans les rideaux
	facteur d'ombre des rideaux $F_C$ [-]	facteur de voilage $f_c$ [-]	$f_c = 1 - F_C$
facteur de réduction dû à l'effet des ombres et des salissures $f_b$ [-]	facteur d'ombrage (y compris les rideaux) $f_s$ [-] $1 - f_s = (1 - s) \cdot F_C$	fraction ombrée (y compris les rideaux) $f_o$ [-] $1 - f_o = (1 - s) \cdot (1 - f_c)$	$f_o = f_s = 1 - f_b$
taux de passage de l'énergie globale g [-]	facteur solaire g [-]	coeff. de transmission énergétique g [-]	
	aire réceptrice équivalente	surface équivalente de captage	
occupation par des personnes [m <sup>2</sup> /P]		surface allouée par personne [m <sup>2</sup> /P]	
taux d'utilisation $f_{ap}$ [-]	taux d'utilisation	facteur d'utilisation	

## Première description d'un bâtiment

### ☐ Barre d'outils

**Nouveau**



Crée un nouveau bâtiment.

**Ouvrir**



Ouvre un fichier existant.

**Sauver**



Sauvegarde les données en demandant un nom de fichier.

**Imprimer le formulaire**



Imprime tout le formulaire (LESO, CEN prEN832, SIA 1083, SIA 1081) pour autant que les calculs aient déjà été faits.

**Formulaire**



Visualise le formulaire (LESO, CEN prEN832, SIA 1083, SIA 1081); si nécessaire refait auparavant les calculs.

**Graphique synoptique**



Affiche le diagramme synoptique des flux d'énergie; si nécessaire refait auparavant les calculs.

**Graphiques mensuels**



Affiche les bilans graphiques mensuels; si nécessaire refait auparavant les calculs.

**Graphique d'incertitude**



Affiche le graphique d'incertitude, pour autant que les calculs d'incertitudes aient été effectués. Le calcul d'incertitude s'active sous "Option calcul".

**Liste des éléments**



Montre la liste (hiérarchisée) des éléments créés. Un double-clic sur un élément de la liste permet d'y accéder directement.

**Résumé des éléments**



Donne un récapitulatif des éléments créés. Un nombre en rouge signale la présence d'éléments avec des données erronées ou manquantes.

## Nouveau bâtiment

Vous donnez tout d'abord un nom à votre nouveau bâtiment avant d'accéder à sa description.

### .: Adresse

A côté de renseignements généraux (localité, adresse, etc.), on indiquera ici l'altitude de l'ouvrage ainsi que la conductivité thermique du sol.

### .: Option calcul

Vous choisissez ici principalement la **période de calcul** ainsi que les **données climatiques** relatives au lieu de construction.

Le choix des autres données dépend de la méthode de calcul (**LESO, CEN, SIA 380/1, SIA 180/1**) que vous aurez préalablement sélectionnée (onglet supérieur).

### .: Inventaire des zones

Par défaut, ce champ contient une **zone chauffée** (le programme est monozone).

Vous pouvez lui ajouter à volonté des **zones non chauffées** (en contact avec la zone chauffée) ou des **éléments solaires** (chauffage solaire).

Vous pouvez éliminer les zones (ou éléments) inutiles ou indésirables en les mettant dans la poubelle.

En sélectionnant l'une des zones définie ci-dessus, vous accédez aux éléments qui concernent cette zone.

## Zone chauffée

### .: Propriétés générales

C'est ici que s'indique le volume net, la surface brute de plancher, le nombre de personnes et le taux de renouvellement d'air.

### .: Enveloppe

Construisez l'enveloppe de votre zone à l'aide des 3 éléments de base plafond, plancher et façade. Vous pouvez à votre guise augmenter (ou diminuer) le nombre de ces éléments que vous nommerez à votre choix.

### .: Typologie

Cette page regroupe les autres données relatives à l'ensemble de la construction : **température, surface de référence énergétique (SRE), affectation, etc.**

## Façades (sud)

### .: Données générales

Elles concernent la façade choisie. De la **surface** indiquée seront automatiquement déduites toutes les surfaces des éléments qui garnissent cette façade. La **surface** de mur **restante** est indiquée.



### ∴ **Éléments de l'enveloppe**

Chaque façade peut être munie de fenêtre, caisson de store etc. La surface de tout ces éléments sera déduite de la surface (brute) de la façade.

### ∴ **Situation**

La façade est soit en contact avec l'air extérieur (**Contre extérieur**), soit en contact avec un autre élément (**Contre terre, ...**).

Une façade en contact avec deux éléments différents (air ext. et contre terre par exemple) doit être décomposée en deux éléments : l'un en contact avec l'air extérieur et l'autre contre terre.

## **Éléments de la façade**

En sélectionnant la fenêtre (double clic), vous pouvez choisir le type de vitrage et indiquer les autres valeurs caractéristiques. La surface de la fenêtre sera automatiquement retranchée de celle de la façade correspondante. Les autres éléments de façade (mur particulier, isolation translucide, ...) se déterminent de manière semblable.

## **Plancher**

Sauf adjonction de votre part, le plancher est de construction homogène et ne comporte pas de « porte » (trappe).

### ∴ **Données générales**

En dehors des éléments propres au plancher, on indiquera ceux relatifs à un éventuel pont thermique linéaire.

### ∴ **Situation**

Si le plancher se subdivise en plusieurs zones (contre extérieur, contre terre, ...), on le subdivisera en autant d'éléments « plancher » indépendants.

## **Plafond**

La description du plafond est semblable à celle du plancher si ce n'est que le plafond peut comporter des fenêtres (éléments d'enveloppe).

## **Combles non chauffés, local non chauffé, cave non chauffée**

### ∴ **Généralités**

Elles concernent la zone : **volume net, surface brute de plancher, etc.**

### ∴ **Enveloppe**

Après sélection, les éléments de l'enveloppe seront définis.

## ☐ Serre, véranda, jardin d'hiver

Le programme permet de décrire une très grande variété d'espaces de type serre (véranda ou jardin d'hiver) à condition de décomposer cet espace en fonction de sa morphologie en autant d'éléments indépendants formant la limite entre la zone serre et la zone chauffée ou d'autres zones non chauffées.

### ∴ Inventaire des zones

On ajoutera ici la zone serre.

### ∴ Enveloppe (zone chauffée)

C'est ici que l'on introduira une (ou plusieurs) parties d'enveloppe de la zone chauffée en contact avec la zone serre (non chauffée).

### ∴ Éléments de l'enveloppe (contre serre)

Les données générales concernant la partie pleine du mur dont seront déduites les portes et fenêtres que vous aurez ajoutées et dont vous aurez décrit les caractéristiques sur les pages ad-hoc.

La situation de la façade contre serre est décrite en sélectionnant la variante « contre zone » (serre). C'est également sous la rubrique situation que vous aurez à indiquer le taux de renouvellement d'air entre la zone (serre) et la zone chauffée.

### ∴ Enveloppe (serre)

Les **informations générales** comprennent le **volume (net)** de la serre, la **surface brute de plancher** et le taux de renouvellement d'air de la zone (serre, véranda, jardin d'hiver) avec l'extérieur.

### ∴ Enveloppe (avant, gauche, droite)

Les façades (vitrées) gauche et droite de la serre (véranda ou jardin d'hiver) sont définies par rapport à un observateur situé dans la serre et regardant vers l'extérieur.

Le vitrage de l'enveloppe de la serre occupe généralement une fraction importante de cet élément. La fraction restante est par exemple formée d'un muret dont les caractéristiques sont saisies sous **données générales**.

## ☐ Double-peau

Une façade double-peau se décrit de la même manière qu'une serre.

## ☐ Capteur solaire et stock

Les capteurs solaires (à eau) et le stock (d'eau) vous permette d'avoir un chauffage solaire. Vous devez obligatoirement décrire au moins un champ de capteurs et un stock. Il n'est pas possible d'avoir des capteurs sans stock, ni d'utiliser l'énergie produite pour l'eau chaude sanitaire.