

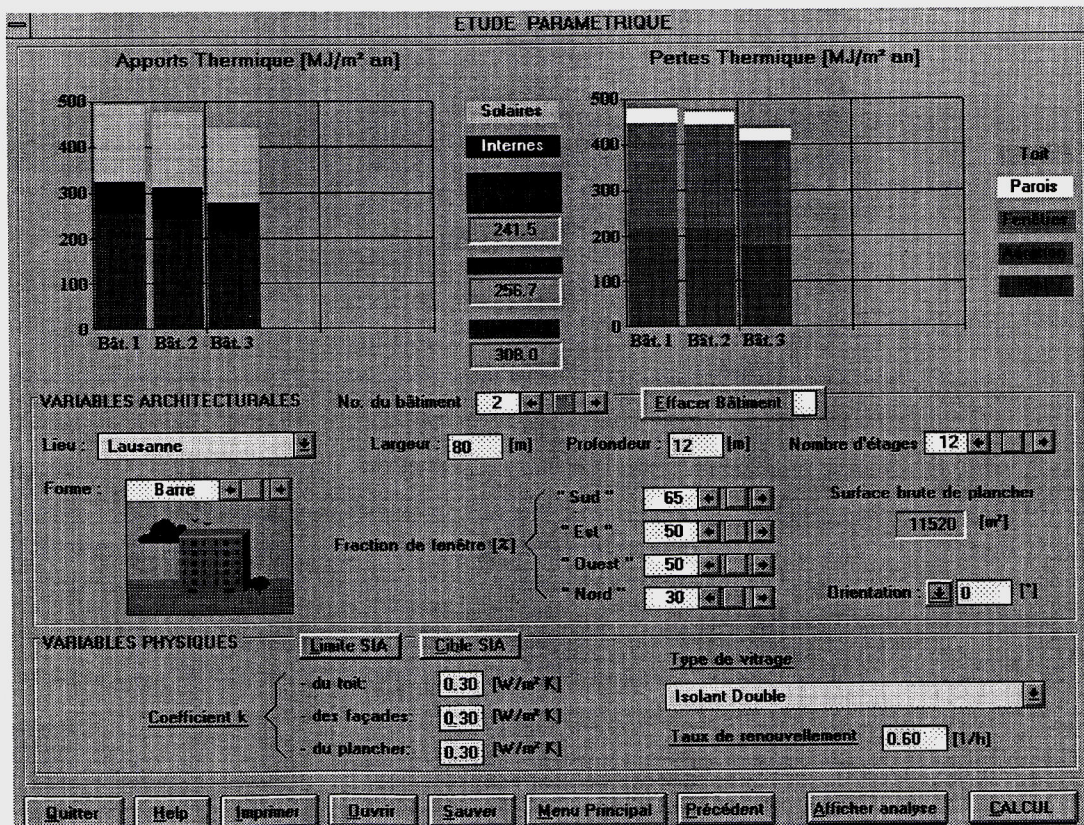


ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

BATMAN

Un programme d'enseignement
assisté par ordinateur
en physique du bâtiment

Rapport final





ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

BATMAN

**Un programme d'enseignement
assisté par ordinateur
en physique du bâtiment**

Rapport final

Responsable : N. Morel

Collaborateurs :

**S. Citherlet, F. di Pasquale,
A. Faist, J.-B. Gay (LESO-PB)
B. Marchand (DA)
E. Forte (LEAO)**

Auteurs du rapport : N. Morel, S. Citherlet

Période : 1993 - 1994

**Ce programme a été réalisé grâce au soutien de
l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne**

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|---|
| 1. Introduction: but du projet, environnement et justification | 1 |
| 1.1 Public-cible | 1 |
| 1.2 Fonctions assurées par le programme BATMAN | 1 |
| 2. Moyens mis en oeuvre et brève description du programme | 2 |
| 2.1 Fonctionnalités et structure..... | 2 |
| 2.2 Logiciel et matériel utilisé | 4 |
| 3. Utilisation du programme..... | 4 |
| 3.1 Feedback d'utilisateurs et premières critiques | 4 |
| 3.2 Mode d'utilisation proposé..... | 4 |
| 4. Conclusions, perspectives..... | 5 |
| 5. Références bibliographiques | 6 |

ANNEXE A: Logiciels utilisés, matériel nécessaire, installation

| | |
|----------------------------------|----|
| 1. Logiciels utilisés | A1 |
| 2. Matériel nécessaire..... | A1 |
| 3. Procédure d'installation..... | A1 |
| 3.1 Vérifiez | A1 |
| 3.2 Installation | A1 |
| 3.3 Liste des fichiers | A2 |

ANNEXE B: Mode d'emploi de BATMAN

| | |
|---|-----|
| 0. Lancement de BATMAN | B4 |
| 1. Choix du modules | B5 |
| 2. Implantation: paramètres..... | B6 |
| 3. Implantation: étude paramétrique | B10 |
| 4. Bâtiment: paramètres | B15 |
| 5. Bâtiment: étude paramétrique..... | B19 |
| 6. Confort thermique et visuel..... | B24 |
| 7. Confort thermique et visuel: vitrage | B25 |
| 8. Confort thermique: bâtiment..... | B27 |
| 9. Confort thermique: résultats..... | B31 |
| 10. Confort thermique: températures | B35 |
| 11. Confort visuel: paramètres | B37 |
| 12. Confort visuel: résultats | B39 |
| 13. Orientation | B42 |
| 14. Formes | B44 |
| 15. Ombrage..... | B45 |
| 16. Types de mur | B49 |
| 17. Localités..... | B50 |
| 18. Types de vitrage..... | B50 |

ANNEXE C: Propositions d'utilisation du programme par l'enseignant

| | |
|--|----|
| Problème 1: effet de l'implantation | C1 |
| Problème 2: effet de l'ombrage..... | C2 |
| Problème 3: effet de la forme d'un bâtiment..... | C2 |
| Problème 4: effet de la surface et de la qualité des vitrages | C3 |
| Problème 5: effet de l'orientation | C3 |
| Problème 6: effet du type et de l'utilisation des stores..... | C3 |
| Problème 7: effet du coefficient de réflexion des surfaces intérieures | C4 |

ANNEXE D: Description détaillée du programme BATMAN

| | |
|---|-----|
| 1. Structure du programme | D1 |
| 2. Caractéristiques du bâtiment pouvant être variées par l'utilisateur..... | D2 |
| 2.1 Variables "architecturales" et géométriques..... | D2 |
| 2.2 Variables "physiques" | D2 |
| 3. Algorithmes utilisés dans BATMAN..... | D7 |
| 3.1 Confort thermique..... | D7 |
| 3.2 Confort visuel | D11 |
| 3.3 Ombrage..... | D13 |
| 3.4 Taux de renouvellement d'air en fonction de la hauteur du bâtiment..... | D13 |
| 4. Programmes de calcul externes | D14 |
| 4.1 LESOSAI | D14 |
| 4.2 PASSIM..... | D16 |
| 5. Evaluation du bâtiment (règles d'expertise) | D23 |
| 5.1 Hypothèses et généralités | D23 |
| 5.2 Valeurs limites et valeurs cibles SIA..... | D23 |
| 5.3 Optimisation et cohérence du bâtiment..... | D24 |
| 6. Modules de connaissance..... | D27 |

1. Introduction: but du projet, environnement et justification

Le programme BATMAN est un programme d'enseignement assisté par ordinateur (EAO), destiné à transmettre aux étudiants architectes les connaissances de base nécessaires pour l'optimisation énergétique de différentes formes urbaines et des bâtiments qui les occupent. Il doit permettre à l'utilisateur d'acquérir une meilleure intuition de l'impact des divers paramètres caractérisant le bâtiment, sur le comportement énergétique de ce dernier.

Le but n'est évidemment pas de supplanter les autres connaissances que le projeteur utilise dans son activité, mais de les compléter par un facteur qui actuellement est peu pris en compte durant le projet.

L'Institut de technique du bâtiment (ITB, auquel est rattaché le Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment, LESO-PB) a la charge de plusieurs enseignements touchant le domaine de la physique du bâtiment: en plus des cours de André Faist (physique du bâtiment, première année [1]) et de Jean-Bernard Gay (énergétique du bâtiment, deuxième année [2]), des unités d'enseignement (UE) sont sous la responsabilité de l'ITB.

Le LESO-PB a déjà une large expérience dans le domaine des logiciels d'aide à la conception du bâtiment, que ce soit dans le domaine thermique (LESOSAI [3], PASSIM [4]), hygrothermique (LESOKAI [5]), dans celui de l'éclairage naturel (RADIANCE/ADELIN [6], projet LUMEN [7]), et de façon plus générale dans celui des systèmes experts d'aide à la conception en physique du bâtiment (ISOLDE [8], INTOX [9]).

1.1 Public-cible

Le public-cible visé est formé par les étudiants architectes de niveau universitaire. Le programme BATMAN est conçu notamment comme un support des cours de physique du bâtiment donnés en 1ère et 2me années de l'EPFL, mais peut également permettre de rafraîchir des notions nécessaires lors des projets ou des unités d'enseignement, en 3me et 4me années.

Par ailleurs, il est évidemment tout à fait concevable qu'un praticien désire mettre à jour ses connaissances en physique du bâtiment. Le programme BATMAN est parfaitement utilisable dans ce cadre, à condition de se munir des documents d'accompagnement nécessaires (principalement le présent rapport avec ses annexes, et si possible les cours de physique du bâtiment dans la mesure où ils sont largement utilisés comme référence dans les modules de connaissance).

1.2 Fonctions assurées par le programme BATMAN

Fondamentalement, le programme BATMAN permet de faire varier divers paramètres significatifs du point de vue énergétique, de façon à ce que l'étudiant qui l'utilise puisse se rendre compte de l'impact de chacun de ces paramètres. De façon générale, le programme permet:

- (a) de donner à l'étudiant une **estimation de la qualité énergétique et du confort** (thermique et visuel) d'un bâtiment ou d'une implantation qu'il propose, et de lui permettre de comparer des variantes entre elles (étude paramétrique);
- (b) d'indiquer à l'étudiant **dans quel sens** il devrait modifier son projet initial pour **l'améliorer** du point de vue thermique (évaluation du bâtiment au moyen d'un système expert);

- (c) de **guider** l'étudiant quant au choix des divers paramètres du bâtiment (modules de connaissance en physique du bâtiment).

2. Moyens mis en oeuvre et brève description du programme

2.1 Fonctionnalités et structure

Trois catégories d'options peuvent être explorées:

- (a) **l'implantation du ou des bâtiment(s) sur la parcelle à disposition.** En fonction du lieu choisi et du type de zone constructible, diverses typologies d'implantation (ayant toutes le même coefficient d'utilisation du sol) sont offertes à l'étudiant; par exemple une seule grande tour, ou plusieurs bâtiments en barres, ou un ensemble de bâtiments formant une cour. Les modèles d'implantation sont basés sur la législation genevoise. Les caractéristiques architecturales (dimensions, fraction de vitrage, etc) sont fixées, mais les caractéristiques physiques (par exemple le coefficient k des divers éléments) peuvent être modifiées. L'étudiant peut alors comparer les diverses solutions, en terme de consommation énergétique moyenne spécifique (par m^2 de plancher chauffé), et explorer également les problèmes d'ombrage qui peuvent résulter de la proximité de certains bâtiments.
- (b) **les caractéristiques physiques de l'enveloppe du bâtiment.** L'étudiant peut étudier l'impact que les caractéristiques architecturales et physiques de l'enveloppe ont sur la consommation énergétique (et plus généralement le bilan thermique), au niveau d'un seul bâtiment. Tous les paramètres principaux caractérisant l'enveloppe et la situation du bâtiment peuvent être modifiés par l'étudiant: dimensions du bâtiment, orientation, lieu, coefficients k de pertes thermiques des murs, du toit et du plancher vers le sol, type des vitrages et fraction de surface vitrée par façade (effet des gains solaires), taux de renouvellement d'air, charges thermiques dues aux appareils et à l'éclairage.
- (c) **l'organisation des espaces intérieurs.** En plus de l'étude des caractéristiques physiques de l'enveloppe du point de vue de l'ensemble du bâtiment, il est aussi possible d'affiner l'analyse, en évaluant l'impact de l'organisation interne d'une unité (une pièce) sur le confort thermique [10] et visuel [11],[12]. Le programme BATMAN offre le choix entre divers plans-types, choisis parmi les plus répandus [13]. L'étudiant peut également choisir un mur de façade dans une liste de murs typiques, le type des vitrages, l'orientation de la façade considéré, le taux de renouvellement d'air et l'angle de vue du ciel depuis les fenêtres. Le programme permet alors, une fois le calcul thermique effectué, de visualiser des graphiques de température (air, surface des murs, vitrage) et de confort (vote moyen prévisible ou fraction prévisible d'insatisfaits, selon la terminologie de Fanger [10]). Cette étape de l'étude permet de mettre en évidence l'effet de l'organisation spatiale sur les performances, notamment sur le plan de l'éclairage naturel (pour lequel il est indispensable de considérer une pièce donnée, plutôt qu'un appartement complet ou un étage).

En fonction de ce découpage, le programme est structuré en trois modules indépendants, correspondant chacun à une catégorie d'options: "Implantation", "Bâtiment" et "Logement". Pour chacun de ces modules, accessible à partir d'un menu principal, le programme présente à l'étudiant un tableau de bord qui offre la possibilité de faire varier les divers paramètres. Une fois tous les paramètres définis (des valeurs par défaut sont données pour la plupart d'entre eux), l'étudiant peut alors effectuer les calculs: les plus simples (par exemple le confort visuel) sont exécutés directement par le programme lui-même, alors que les calculs énergétiques sont

lancés en arrière-plan par les logiciels LESOSAI (pour les bilans thermiques mensuels et annuels [3]) et PASSIM (pour le calcul de l'évolution des températures au cours du temps [4]). L'étudiant peut modifier un ou plusieurs paramètres, et relancer le calcul. Il est ainsi possible d'effectuer des **études paramétriques**, qui montrent l'impact de la variation d'un ou plusieurs paramètres.

Le programme BATMAN offre en outre, et en permanence, les deux possibilités suivantes:

- une évaluation du bâtiment en cours d'analyse, basée sur des règles d'expertise développées dans le cadre du projet INTOX [9]. Cette évaluation permet à l'étudiant de savoir si le bâtiment qu'il a défini est correct du point de vue énergétique, et lui donne également des indications des points faibles et de la façon d'améliorer le bâtiment;
- la consultation de modules de connaissance en physique du bâtiment, basées sur les cours de physique et énergétique du bâtiment d'André Faist [1] et Jean-Bernard Gay [2]. Ces modules permettent à l'étudiant de rafraîchir sa mémoire et/ou d'explicitier la signification de certaines quantités physiques qu'il ne connaîtrait qu'insuffisamment. Ces modules de connaissance sont conçus comme un "hypertexte": la navigation entre le programme principal et les divers modules de connaissance s'effectue au moyen de zones sensibles sur l'écran (mots-clés ou zones d'un graphique) sur lesquelles l'utilisateur clique avec la souris pour accéder à la notion correspondante. A partir d'un écran d'introduction des données ou d'un module de connaissance en cours de consultation, l'étudiant a la possibilité de naviguer vers d'autres modules de connaissance s'il le juge nécessaire.

La figure ci-dessous montre la structure globale du programme BATMAN, dans sa version actuelle.

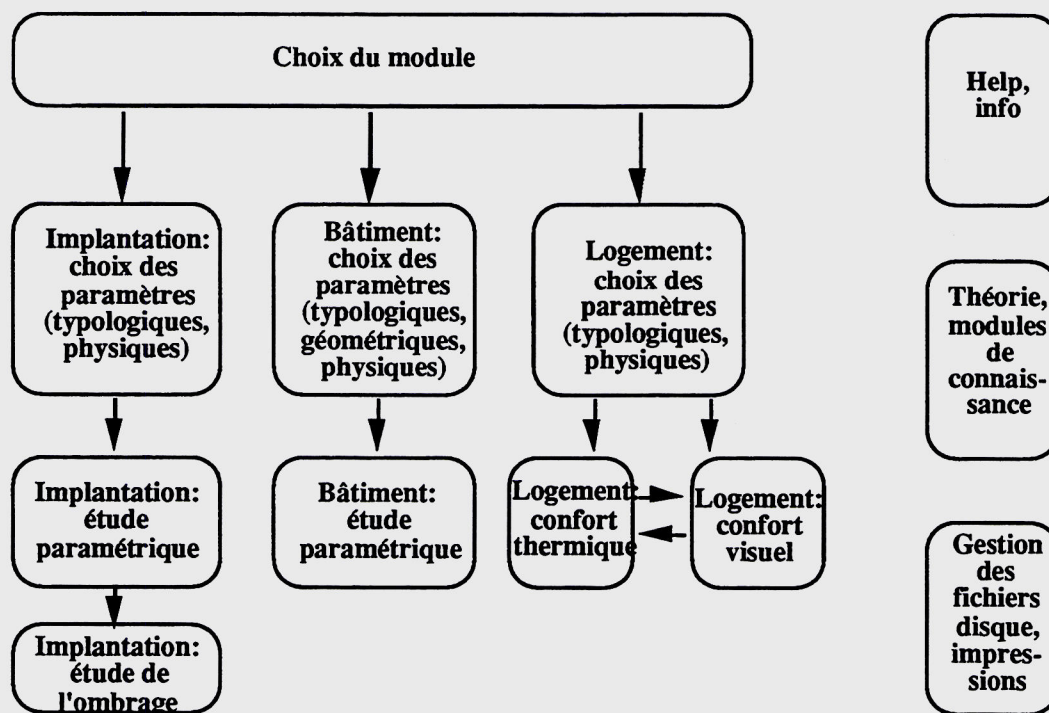


Fig.1: structure fonctionnelle du programme BATMAN. Les trois fonctions placées à droite de ce schéma (Help, Théorie et Gestion des fichiers) sont normalement accessibles depuis l'ensemble du programme, lorsque cela a un sens.

2.2 Logiciel et matériel utilisés

Outre les logiciels de calcul extérieurs déjà mentionnés (LESOSAI et PASSIM), le programme BATMAN a été réalisé au moyen du compilateur Visual Basic sous Windows. Le matériel nécessaire comprend donc un PC compatible IBM muni d'un processeur 386 au minimum (un processeur 486 est vivement recommandé), et 4 MB de mémoire vive. La place nécessaire sur le disque dur est de l'ordre de 8 MB. L'écran doit être de type VGA, ou mieux super-VGA avec une résolution de 800 x 600 pixels si possible (mais au minimum 640 x 480).

3. Utilisation du programme

3.1 Feedback d'utilisateurs et premières critiques

Un test d'utilisation a été effectué sur une version préliminaire de BATMAN, au printemps 1994, par des étudiants architectes de l'EPFL de 3^{me} année. Le programme a été bien apprécié pour sa souplesse d'utilisation, son interface ergonomique, et la possibilité qu'il offre de faciliter l'acquisition d'une bonne compréhension des phénomènes complexes de la physique du bâtiment.

Par ailleurs, il a été mis en évidence que l'étude de l'ombrage, telle qu'implémentée actuellement, n'est pas suffisante. Ce n'est que pour l'implantation des bâtiments sur une parcelle donnée que l'on peut voir l'effet de l'ombrage, et encore de façon incomplète: pas de possibilité de modifier l'orientation de la parcelle ou des bâtiments de façon continue, un seul lieu disponible (Genève), pas de souplesse d'emploi du module de calcul de l'ombrage (pour la raison que les ombrages sont précalculés sous forme de bitmaps, plutôt que d'être calculés en ligne). Ces faiblesses seront levées lors de l'extension du projet (en cours). Cependant, la version actuelle est parfaitement utilisable, à condition de ne pas se concentrer sur les effets de l'ombrage.

3.2 Mode d'utilisation proposé

Plusieurs autres programmes d'EAO ont été écrits au LESO-PB. On peut citer notamment CONFORT [14], utilisé largement dans le cadre du Programme d'Impulsion, ou plus récemment ACOUSALLE [15], un programme consacré à l'étude et à l'évaluation des caractéristiques acoustiques d'une salle en relation avec la norme SIA 181 (salle de conférence, salle de cours, etc), et destiné à la fois aux étudiants architectes et aux praticiens du bâtiment.

A la lumière de cette expérience, nous nous sommes rendus compte que l'utilisation d'un programme d'EAO tel que BATMAN peut être envisagée de plusieurs manières bien distinctes:

- (a) l'enseignant met à disposition des étudiants le programme d'EAO, et les laisse en tirer le maximum par eux-mêmes, par exemple en fonction d'un projet dans lequel ils doivent faire appel à des connaissances en physique du bâtiment pour parvenir à un résultat acceptable;
- (b) l'enseignant pose aux étudiants une série de problèmes auxquels les étudiants doivent trouver une réponse correcte, et si possible optimale. Pour cela, l'enseignant doit élaborer des problèmes qui permettent aux étudiants, à travers leur résolution, d'apprendre le mieux possible les notions du domaine;

- (c) l'étudiant utilise le logiciel dans le cadre de l'atelier afin de juger de la pertinence de son projet en ce qui concerne l'énergétique du bâtiment;
- (d) l'enseignant utilise lui-même le logiciel durant son cours afin d'étayer et d'illustrer certaines affirmations en liaison avec l'énergétique du bâtiment (mode "démonstration").

Pour nous, les modes les plus adéquats en ce qui concerne la mise en oeuvre du logiciel BATMAN nous semblent être (b) et (c): avec la résolution de problèmes posés par l'enseignant (mode b), on évite la dispersion, surtout en tenant compte du temps limité que les étudiants architectes ont à disposition pour acquérir des notions de physique du bâtiment, et le fréquent manque de motivation pour cette acquisition, qu'ils considèrent souvent comme peu utile; par ailleurs, l'utilisation du logiciel dans le cadre de l'atelier (mode c) permet un travail de l'étudiant de manière plus indépendante. Nous avons donc élaboré quelques exemples de problèmes à poser aux étudiants, pour illustrer une des façons de mettre en oeuvre le programme BATMAN. Ces exemples figurent à l'annexe A (mode d'emploi), section 3.

4. Conclusions, perspectives

Si nous comparons la proposition de projet effectuée à fin 1992 et le programme BATMAN tel que réalisé, nous pouvons affirmer que le mandat a été rempli, puisque le programme est actuellement disponible, et sera utilisé dans le cadre de l'enseignement. Le logiciel réalisé répond à la demande que nous avons au début de ce projet, à savoir mettre à disposition des étudiants un outil propre à les sensibiliser aux problèmes complexes de la thermique du bâtiment, tout en étant d'un abord pas trop ardu. Le programme est aussi tout à fait utilisable par un praticien qui désirerait compléter ou rafraîchir ses connaissances en physique du bâtiment.

Il est heureux que l'extension proposée du projet, destinée à compléter le calcul des ombrages, ait été acceptée, comblant ainsi une des principales faiblesses de la version actuelle de BATMAN. Le travail de complément sera effectué au cours de l'année 1995, et fera l'objet d'un rapport complémentaire. Sans être aussi urgents, d'autres points mériteraient d'ailleurs d'être améliorés, notamment un choix plus large de lieux à disposition pour l'implantation, ou un calcul plus fin de certaines caractéristiques telles que le confort visuel.

Plusieurs présentations du logiciel ont eu lieu, notamment à l'occasion du 8^{me} Séminaire sur l'état de la recherche en matière d'énergie dans le bâtiment [16], de la Conférence européenne de Lyon sur les performances énergétiques et le climat intérieur dans les bâtiments [17], ou de la Journée EAO à l'EPFL (Journée de l'EAO polytechnique, 17 octobre 1994). Dans les deux dernières présentations mentionnées, l'ergonomie de l'interface, la clarté de la structure du programme, ainsi que la solution choisie pour effectuer les calculs (appel de logiciels externes déjà existant), ont suscité un intérêt certain pour le programme. Plusieurs participants à la Conférence européenne de Lyon ont ainsi demandé à recevoir le programme lorsqu'il serait terminé, tout en regrettant évidemment qu'il n'en existe pas une version anglaise !

5. Références bibliographiques

- [1] A.Faist: Physique du bâtiment, cours pour architectes 1re année, EPFL (septembre 1991)
- [2] J.B.Gay: Energétique du bâtiment, cours pour architectes 2me année, EPFL, tomes 1 (août 1991) et 2 (août 1990)
- [3] J.P.Eggimann, A.Faist, F.Leresche: LESOSAI-X version 1.2, Manuel d'utilisation, LESO-PB/EPFL (janvier 1991)
- [4] N.Morel: PASSIM version 3, Manuel d'utilisation, LESO-PB/EPFL (mai 1984)
- [5] C.A.Roulet, F.Leresche: LESOKAI version 1.4, LESO-PB/EPFL (mai 1990)
- [6] J.Christoffersen, R.Compagnon, H.Erhorn, K.Grau, N.Hopkirk, J.J.Kim, B.Paule, J.L.Scartezzini, S.Selkowitz, M.Szerman, S.Traberg-Borup, G.Ward: ADELIN - An Advanced Day- and Electric Lighting Integrated New Environment, IEA Solar Heating and Cooling Task 12 (1994)
- [7] J.L.Scartezzini, R.Compagnon, G.Ward, B.Paule: Outils informatiques en lumière naturelle, programme interdisciplinaire LUMEN, rapport final NEFF, LESO-PB/EPFL et CUEPE/Université de Genève (1994)
- [8] O.Morck, I.Bryn, N.Morel, G.Silvestrini: ISOLDE, An Integrated Knowledge Based Solar Design Tool, ISES Conference, Budapest (Août 1993)
- [9] A.Faist, N.Morel, F.Di Pasquale, F.Foradini: Aide à la conception des bâtiments - Intégration de plusieurs outils - Langage d'introduction des données descriptives, rapport final FNRS, LESO-PB/EPFL (septembre 1994)
- [10] P.O.Fanger: Thermal Comfort, MacGraw Hill (1970)
- [11] CIBSE: Window Design, CIBSE Application Manual, London, UK (1987)
- [12] H.Freytmuth, M.Seidl: Abstandflächen im Wohnungsbau, Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, D (1978)
- [13] B.Marchand: Typologie des logements collectifs à Genève, thèse de doctorat no 1020, EPFL/département d'architecture (1992)
- [14] J.P. Eggimann: CONFORT, Manuel d'utilisation, LESO-PB/EPFL (1986)
- [15] A.Faist, S.Citherlet: ACOUSALLE, A Computer Program with Expertise for the Planning and Analysis of the Acoustics of Indoor Spaces, Computational Acoustics 1995, Southampton, UK (avril 1995)
- [16] N.Morel, S.Citherlet, A.Faist, B.Marchand: BATMAN - un module d'enseignement assisté par ordinateur en physique du bâtiment, 8me Status Seminar Energieforschung im Hochbau, Zürich (septembre 1994)
- [17] N.Morel, S.Citherlet, A.Faist, E.Forte, B.Marchand: BATMAN - A Computer Aided Learning Module for Architecture Students, European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon (novembre 1994)

ANNEXE A : **LOGICIELS UTILISES, MATERIEL NECESSAIRE, INSTALLATION**

1. Logiciels utilisés

Le développement de BATMAN a été effectué au moyen de Visual Basic Pro version 3.0. Par ailleurs, les programmes suivants sont appelés pour effectuer divers calculs :

- LESOSAI (bilans thermiques mensuels), voir annexe D4.1;
- PASSIM (comportement thermique dynamique), voir annexe D4.2.

2. Matériel utilisé

Un PC compatible IBM muni d'un processeur 386 au minimum (un 486 est vivement recommandé), du système Windows 3.1 au minimum, d'un disque dur, d'un lecteur de disquettes 3 1/2", et d'un écran VGA ou super-VGA (si possible au moins 800 x 600 pixels).

3. Procédure d'installation

Pour installer le programme BAT-MAN sur votre P.C. compatible IBM, vous devez être en possession de trois disquettes numérotées (#1,#2,#3).

3.1 Vérifiez

Vérifiez que votre P.C. soit muni de:

- WINDOWS 3.1 au minimum
- MS-DOS 5 au minimum
- un processeur 386 au minimum (un 486 est vivement recommandé)
- un lecteur de disquette 3 1/2"
- 7 MB de mémoire disque
- 4 MB de mémoire vive
- un écran du type VGA ou mieux super-VGA

Remarque:

Une résolution de 600 x 800 permet de profiter au maximum de la convivialité du programme BAT-MAN. Néanmoins, ce dernier s'adapte à n'importe quel type d'écran.

3.2 Installation

Pour installer BAT-MAN:

- 1) Démarrez l'ordinateur.
- 2) Lancez Windows.

- 3) Insérez la disquette intitulée: BAT-MAN #1 dans le lecteur approprié.
- 4) Depuis le *Gestionnaire de fichier*, cliquez sur le sous-répertoire **windows**.
- 5) Depuis le *Gestionnaire de fichier* ou le *Gestionnaire de programme*, choisissez **Fichier** puis **Exécuter**.
- 6) Ecrivez le nom du lecteur suivi de **:instalbm**

Par exemple si le lecteur 3 1/2" se nomme A tapez: **a:instalbm**
- 7) Suivez les instructions à l'écran, jusqu'à ce que l'installation soit terminée.
- 8) Lorsque l'installation du programme BAT-MAN est terminée, allez dans le *Groupe principale* du *Gestionnaire de programme*. Double-cliquez sur l'icône de BAT-MAN pour faire démarrer ce dernier.

3.3 Liste des fichiers

Lorsque l'installation de BAT-MAN est terminée vous devez posséder la liste suivante de fichiers:

1) Dans le **répertoire d'installation** (par défaut BATMAN) 187 fichiers:

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Batman1.exe | batman.hlp | batman.ico | doigt.ico |
| ge1_1_10.pcx | ge1_1_12.pcx | ge1_1_14.pcx | ge1_1_16.pcx |
| ge1_1_8.pcx | ge1_2_10.pcx | ge1_2_12.pcx | ge1_2_14.pcx |
| ge1_2_16.pcx | ge1_2_8.pcx | ge1_3_10.pcx | ge1_3_12.pcx |
| ge1_3_14.pcx | ge1_3_16.pcx | ge1_3_8.pcx | ge1_4_10.pcx |
| ge1_4_12.pcx | ge1_4_14.pcx | ge1_4_16.pcx | ge1_4_8.pcx |
| ge1_5_10.pcx | ge1_5_12.pcx | ge1_5_14.pcx | ge1_5_16.pcx |
| ge1_5_8.pcx | ge1_6_10.pcx | ge1_6_12.pcx | ge1_6_14.pcx |
| ge1_6_16.pcx | ge1_6_8.pcx | ge2_1_10.pcx | ge2_1_12.pcx |
| ge2_1_14.pcx | ge2_1_16.pcx | ge2_1_8.pcx | ge2_2_10.pcx |
| ge2_2_12.pcx | ge2_2_14.pcx | ge2_2_16.pcx | ge2_2_8.pcx |
| ge2_3_10.pcx | ge2_3_12.pcx | ge2_3_14.pcx | ge2_3_16.pcx |
| ge2_3_8.pcx | ge2_4_10.pcx | ge2_4_12.pcx | ge2_4_14.pcx |
| ge2_4_16.pcx | ge2_4_8.pcx | ge2_5_10.pcx | ge2_5_12.pcx |
| ge2_5_14.pcx | ge2_5_16.pcx | ge2_5_8.pcx | ge2_6_10.pcx |
| ge2_6_12.pcx | ge2_6_14.pcx | ge2_6_16.pcx | ge2_6_8.pcx |
| ge3_1_10.pcx | ge3_1_12.pcx | ge3_1_14.pcx | ge3_1_16.pcx |
| ge3_1_8.pcx | ge3_2_10.pcx | ge3_2_12.pcx | ge3_2_14.pcx |
| ge3_2_16.pcx | ge3_2_8.pcx | ge3_3_10.pcx | ge3_3_12.pcx |
| ge3_3_14.pcx | ge3_3_16.pcx | ge3_3_8.pcx | ge3_4_10.pcx |
| ge3_4_12.pcx | ge3_4_14.pcx | ge3_4_16.pcx | ge3_4_8.pcx |
| ge3_5_10.pcx | ge3_5_12.pcx | ge3_5_14.pcx | ge3_5_16.pcx |
| ge3_5_8.pcx | ge3_6_10.pcx | ge3_6_12.pcx | ge3_6_14.pcx |
| ge3_6_16.pcx | ge3_6_8.pcx | ge4_1_10.pcx | ge4_1_12.pcx |
| ge4_1_14.pcx | ge4_1_16.pcx | ge4_1_8.pcx | ge4_2_10.pcx |
| ge4_2_12.pcx | ge4_2_14.pcx | ge4_2_16.pcx | ge4_2_8.pcx |
| ge4_3_10.pcx | ge4_3_12.pcx | ge4_3_14.pcx | ge4_3_16.pcx |
| ge4_3_8.pcx | ge4_4_10.pcx | ge4_4_12.pcx | ge4_4_14.pcx |

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ge4_4_16.pcx | ge4_4_8.pcx | ge4_5_10.pcx | ge4_5_12.pcx |
| ge4_5_14.pcx | ge4_5_16.pcx | ge4_5_8.pcx | ge4_6_10.pcx |
| ge4_6_12.pcx | ge4_6_14.pcx | ge4_6_16.pcx | ge4_6_8.pcx |
| ge5_1_10.pcx | ge5_1_12.pcx | ge5_1_14.pcx | ge5_1_16.pcx |
| ge5_1_8.pcx | ge5_2_10.pcx | ge5_2_12.pcx | ge5_2_14.pcx |
| ge5_2_16.pcx | ge5_2_8.pcx | ge5_3_10.pcx | ge5_3_12.pcx |
| ge5_3_14.pcx | ge5_3_16.pcx | ge5_3_8.pcx | ge5_4_10.pcx |
| ge5_4_12.pcx | ge5_4_14.pcx | ge5_4_16.pcx | ge5_4_8.pcx |
| ge5_5_10.pcx | ge5_5_12.pcx | ge5_5_14.pcx | ge5_5_16.pcx |
| ge5_5_8.pcx | ge5_6_10.pcx | ge5_6_12.pcx | ge5_6_14.pcx |
| ge5_6_16.pcx | ge5_6_8.pcx | ge6_1_10.pcx | ge6_1_12.pcx |
| ge6_1_14.pcx | ge6_1_16.pcx | ge6_1_8.pcx | ge6_2_10.pcx |
| ge6_1_14.pcx | ge6_1_16.pcx | ge6_1_8.pcx | ge6_2_10.pcx |
| ge6_2_12.pcx | ge6_2_14.pcx | ge6_2_16.pcx | ge6_2_8.pcx |
| ge6_3_10.pcx | ge6_3_12.pcx | ge6_3_14.pcx | ge6_3_16.pcx |
| ge6_3_8.pcx | ge6_4_10.pcx | ge6_4_12.pcx | ge6_4_14.pcx |
| ge6_4_16.pcx | ge6_4_8.pcx | ge6_5_10.pcx | ge6_5_12.pcx |
| ge6_5_14.pcx | ge6_5_16.pcx | ge6_5_8.pcx | ge6_6_10.pcx |
| ge6_6_12.pcx | ge6_6_14.pcx | ge6_6_16.pcx | ge6_6_8.pcx |
| utilisa.txt | | | |

2) Dans le sous-répertoire **lesosai** du répertoire d'installation 50 fichiers:

| | | | |
|---------------|--------------|--------------|---------------|
| bmdos.bat | tot.bld | colfen_f.dat | dbpeau_f.dat |
| ecseta_f.dat | entete_f.dat | envels_f.dat | facade_f.dat |
| fugraph_f.dat | inters_f.dat | lesosai.dat | menu00_f.dat |
| menu01_f.dat | murcap_f.dat | plnplf_f.dat | rsgraphf.dat |
| rsmns1_f.dat | rsmns2_f.dat | rssia1_f.dat | rssia2_f.dat |
| rssia3_f.dat | tablev_f.dat | tccapt_f.dat | typexpl_f.dat |
| lesosai.dse | leso4.exe | bmleso.in | altdorf.met |
| badragaz.met | basel.met | bern.met | chur.met |
| davos.met | default.met | geneve.met | lachaux.met |
| lausanne.met | lugano.met | luzern.met | montreux.met |
| neuchat.met | schaffh.met | sion.met | stgallen.met |
| zurich.met | bmdos.pif | bmleso.rsm | bmleso.rss |
| lesosai.sys | lesosaif.txt | | |

3) Dans le sous-répertoire **passim** du répertoire d'installation 8 fichiers:

| | | | |
|-------------|------------|------------|------------|
| command.bat | passim.bat | geneve.dat | sim000.dat |
| passim.exe | passim.inp | passim.out | passim.pif |

4) Dans le répertoire **windows** 1 fichier:

bat_man.ini

5) Dans le répertoire **windows system** 17 fichiers:

| | | | |
|-------------|--------------|--------------|-------------|
| gswdll.dll | vbrun300.dll | vsfilesf.dll | vsimgp.dll |
| vsjpgsf.dll | vspix.dll | vstwain.dll | gsw.exe |
| atx30h.vbx | cmdialog.vbx | gauge.vbx | graph.vbx |
| grid.vbx | spin.vbx | threed.vbx | vsimage.vbx |
| vsvbx.vbx | | | |

ANNEXE B : MODE D'EMPLOI DE *BAT-MAN*

COMMENT UTILISER LE MODE D'EMPLOI

Ce mode d'emploi est modulaire, c'est-à-dire que chaque écran qui apparaît à l'utilisateur est expliqué en détail avant de passer aux explications de l'écran suivant. Tous les différents objets qui apparaissent à l'écran sont décrits dans une suite logique, de telle manière à aider l'utilisateur à traiter chaque nouvel écran. Ce mode d'emploi explique pour chaque objet d'un écran, son utilité (type de variable à donner, information, etc.), et la manière de l'utiliser (cliquer, sélectionner, etc.).

Ainsi, chaque paragraphe correspond à un nouvel écran, dans lequel toutes les informations nécessaires à son utilisation sont décrites avant de passer au paragraphe suivant, donc aux explications de l'écran suivant. Étant donné que l'ordre d'apparition des écrans de *Bat-Man* n'est pas linéaire (un écran peut renvoyer à plusieurs écrans différents) la numérotation des paragraphes ne suit pas l'ordre d'apparition des écrans.

Néanmoins la numérotation des paragraphes est importante. En effet, certaines actions, comme cliquer sur un bouton, peuvent entraîner l'apparition d'un nouvel écran. Ainsi, vous trouverez avec les explications se rapportant à un tel bouton le numéro du paragraphe (donc de l'écran) au quel il faut alors se reporter.

Cette numérotation permet de naviguer dans le programme tout en utilisant ce mode d'emploi. Car si un bouton a un effet sur l'écran lui-même (par exemple le bouton "*Affiche analyse*", qui donne une analyse en sur-impression des résultats à l'écran), certains boutons peuvent ouvrir un nouvel écran. Dans ce cas, les explications se rapportant à de tels boutons sont terminées par un numéro entre [] qui correspond à l'écran qui est ouvert si ce bouton est actionné. Prenons l'exemple suivant:

Exemple

Il a été attribué le numéro 0 au premier écran qui apparaît lors du lancement de *BAT-MAN*. Ce numéro correspond au numéro du paragraphe traitant cet écran, c'est-à-dire au §0. Le titre du paragraphe correspond au titre de l'écran (ligne supérieure de l'écran), soit à **Bat-Man** pour ce premier écran. Certains titres de paragraphes sont suivis d'un chiffre entre (). Ce chiffre correspond au numéro du bouton qui a été cliqué pour faire apparaître cet écran.

Les différents objets se trouvant sur un écran portent également un numéro qui commence par le numéro de l'écran (donc du paragraphe) suivi d'un point, suivi du numéro de l'objet pour cet écran. Par exemple, le bouton "*Information*" de l'écran 0 porte le numéro 0.1) et le bouton "*Commencer*" de ce même écran porte le numéro 0.2), etc.



0.2) (Cliquez 1 X) Ce bouton vous permet de passer à l'écran suivant [=> 1)
Choix du module]

0.2) Indique que ce bouton se trouve dans l'écran 0 et porte le numéro 2.

(Cliquez 1 X) Indique que vous devez cliquer sur ce bouton.

[=> 1) *Choix du module*] Indique le numéro de l'écran qui apparaît si le bouton est cliqué une fois et son nom

Ainsi, en cliquant une fois sur ce bouton **0.2) "Commencer"** de l'écran **0**, vous serez transporté à l'écran **1) Choix du module**, dont les explications se trouvent au §1).

Ce mode d'emploi utilise la convention suivante:

| | |
|-----------------------|---|
| x.y) | Bouton.y de l'écran x |
| (Cliquez 1 X) | Cliquez une fois sur le bouton |
| (Cliquez 2 X) | Double-cliquez rapidement sur le bouton |
| (Entrez une valeur) | Vous devez rentrer une valeur dans la zone indiquée. |
| (Information) | La valeur indiquée est là à titre d'information et ne pouvez pas directement la modifier. |
| (Sélectionnez) | Sélectionnez un des éléments (d'un menu déroulant) |
| [=> x) <i>titre</i>] | Ce bouton transporte à l'écran se trouvant au §x et intitulé titre). |
| (Depuis x.y) | Ecran obtenu à partir du bouton y de l'écran x. Se trouve à droite d'un titre de paragraphe et indique comment l'écran de ce nouveau paragraphe à été obtenu. |

Remarques:

A) OBJETS RENCONTRES

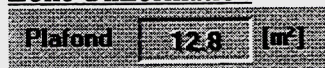
Les autres objets que vous pouvez rencontrer dans ce logiciel sont les suivants

Menu déroulant



En cliquant sur la flèche à l'extrémité droite vous obtiendrez une liste à choix. Cliquez alors sur le titre qui vous intéresse (ici "Chambre parent").

Zone d'information



Les valeurs qui se trouvent dans une telle zone ne sont pas modifiables par l'utilisateur. Ce sont des valeurs informatives qui apparaissent suite à un choix.

Curseur



En cliquant sur l'une ou l'autre des flèches (ce qui déplace le curseur entre les deux flèches), vous modifiez la valeur de gauche. Les valeurs que vous pouvez afficher sont toujours comprises entre une borne inférieure (curseur tout à gauche) et une borne supérieure (curseur tout à droite).

Zone d'entrée numérique

Profondeur 12 [m]

Vous pouvez modifier la valeur indiquée à votre guise. Il faut cliquer sur la zone d'entrée (rectangle) et modifier la valeur affichée.

Hypertexte

Coefficient k de la fenêtre

Certains mots apparaissent d'un couleur bleu (Cette couleur bleu peut varier selon la configuration de votre P.C. (cf. §**Installation**). Ces mots sont en hypertexte, c'est-à-dire que si vous cliquez une fois sur un de ces mots, vous atteindrez directement le module de connaissance au paragraphe concernant le mot cliqué. Par exemple, si vous cliquez sur l'exemple ci-dessus vous serez directement propulsé dans le module de connaissance en physique du bâtiment à la page traitant du coefficient k d'une fenêtre.

B) BOUTONS STANDARDS

Les boutons ci-dessous produisent le même effet quelque soit l'écran où ils apparaissent. Dans le but de ne pas trop alourdir ce mode d'emploi, nous donnons une fois pour toute ci-dessous leur signification.

Quitter

Sert à quitter BAT-BAM. Si des modifications de paramètres ont été effectués auparavant, un message vous proposera de sauvegarder ces modifications.

Help

Explique pour chaque écran. les choses que doit faire l'utilisateur. C'est aussi un mode d'emploi, mais plus simplifié.

Théorie

Renvoie à l'index du module de connaissance en physique du bâtiment.

Ouvrir

Permet de charger un fichier (avec l'extension **.bma**) préalablement sauvegardé.

Sauver

Permet de sauvegarder les données à l'écran.

Imprimer

Affiche une représentation des données imprimables.

Précédent

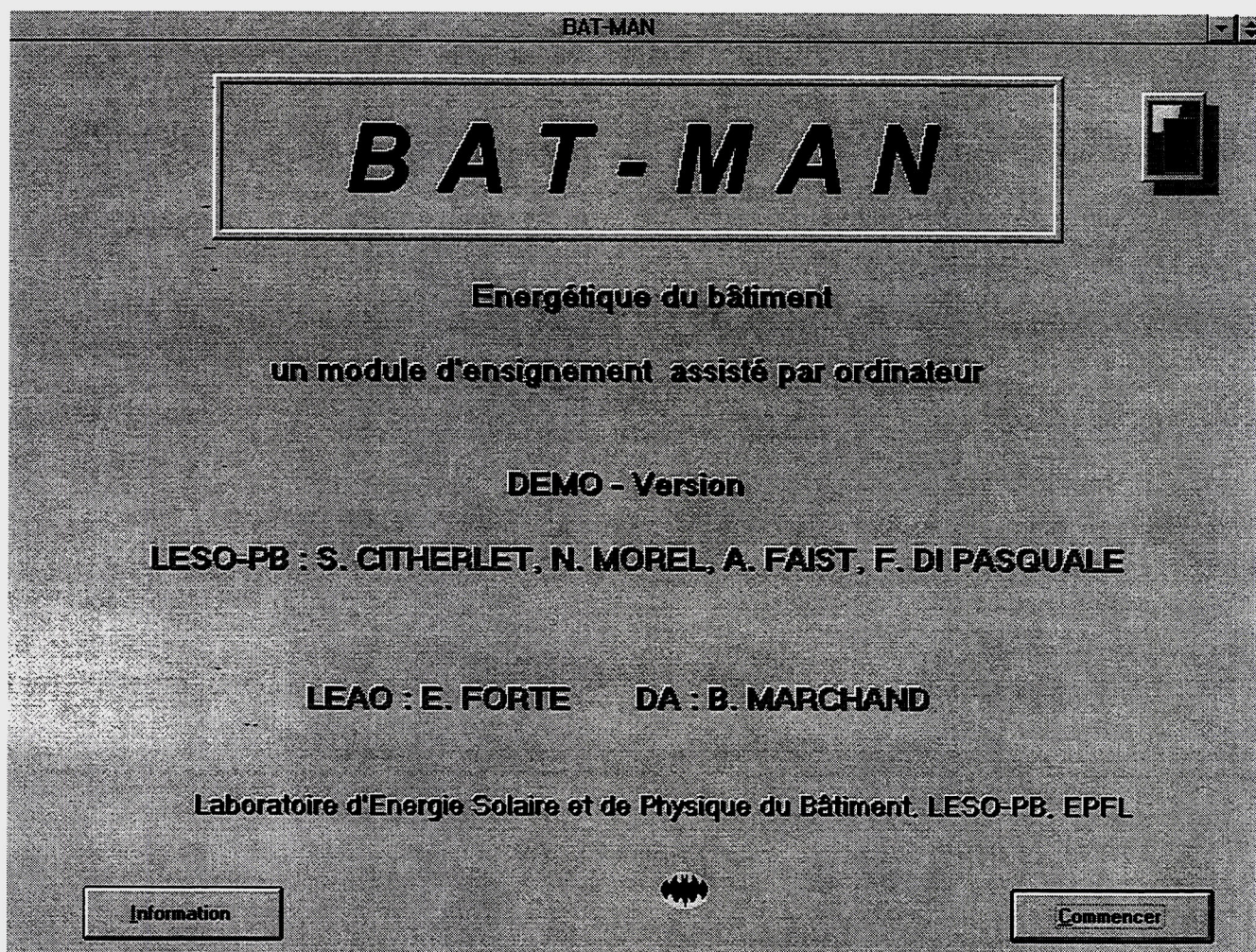
Retourne à l'écran précédent. Si des modifications de paramètres ont été effectués auparavant, un message vous proposera de sauvegarder ces modifications.

Menu Principal

Vous ramène toujours à l'écran [=>1) *Choix du module*]. Si des modifications de paramètres ont été effectués auparavant, un message vous proposera de sauvegarder ces modifications.

§0) LANCEMENT DE BAT-MAN

Lorsque vous lancez le programme BAT-MAN (cf. § **Installation**) le premier écran que vous obtenez est le suivant



C'est le premier écran qui apparaît lorsque BAT-MAN est lancé. En plus du nom des personnes qui ont participé au projet, vous trouvez sur cet écran les deux boutons suivant



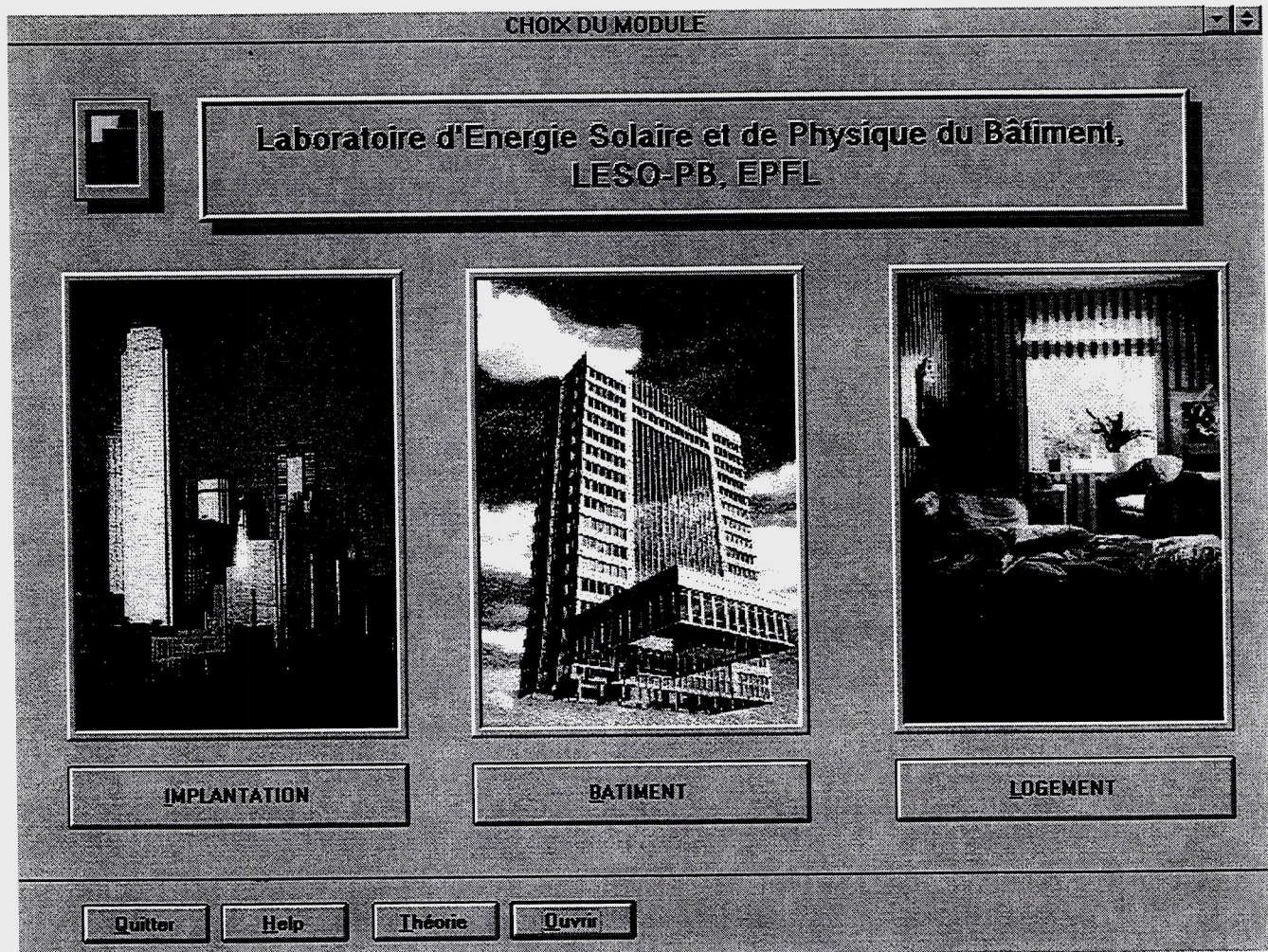
0.1) (Cliquez 1 X) Ce bouton vous donne quelques informations générales sur les origines de ce logiciel



0.2) (Cliquez 1 X) Ce bouton vous permet de passer à l'écran suivant [=> 1] *Choix du module*

§1) CHOIX DU MODULE

(Depuis 0.2)



Comme il a déjà été spécifié, le programme BAT-MAN est constitué des trois entrées principales suivantes:

IMPLANTATION

1.1) (Cliquez 1 X) Permet l'étude de l'incidence de la typologie d'une implantation sur le bilan thermique [= > 2) *Implantation: paramètres*]

BATIMENT

1.2) (Cliquez 1 X) Permet l'étude de l'incidence de la typologie d'un bâtiment sur le bilan thermique [= > 4) *Bâtiment: paramètres*]

LOGEMENT

1.3) (Cliquez 1 X) Permet l'étude de l'incidence de la typologie d'un logement sur le confort thermique et confort visuel. [= > 6) *Confort thermique et visuel*]

§2) IMPLANTATION : PARAMETRES

(Depuis 1.1)

Cet écran sert à entrer la typologie d'une implantation ainsi que les variables physiques du ou des bâtiment(s). Ces variables seront les mêmes pour l'ensemble des bâtiment constituant l'implantation.

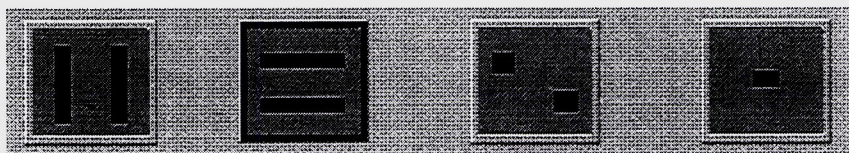
Pour commencer vous devez définir la zone de l'implantation. C'est-à-dire sélectionnez le lieu où votre implantation va être construite et le type de zone de cette dernière de la manière suivante

2.1) (Sélectionnez) Choisissez la localité dans laquelle vous voulez étudier une implantation. Pour l'instant, seul *Genève* est possible.

Pour une localité donnée, BAT-MAN permet de choisir une implantation parmi différents type de zone, qui dépendent de la localité choisie précédemment. Vous devez donc sélectionner le type de zone de l'implantation.

2.2) (Sélectionnez) Choisissez le type de zone qui vous intéresse.

Dès que vous avez sélectionné une de ces zones, quatre icônes apparaissent sur la droite de l'écran. Ces icônes représentent une vue en plan des implantations les plus courantes pour le type de zone que vous avez choisi précédemment. Vous devez sélectionner l'implantation qui vous intéresse de la manière suivante.



2.3) (Sélectionnez) Ces icônes représentent une vue en plan des implantations les plus courantes pour le type de zone que vous avez choisi précédemment. Par exemple, ci-contre, vous avez les quatre implantation pour la *zone 3D*.

Pour sélectionner, l'implantation qui vous intéresse, cliquez simplement sur son icône. Le cadre de cette dernière changera de couleur pour vous rappeler votre choix. Vous pouvez modifier votre choix en cliquant sur une autre implantation.

Dès que vous avez sélectionné une implantation, un agrandissement de l'icône apparaît sur lequel vous pouvez lire les cotes de l'implantation. Toutes ces dimensions sont données en mètres [m]. Une flèche vous indique également l'orientation de l'implantation par rapport au Nord.

Lorsque vous cliquez sur l'icône représentant l'implantation qui vous intéresse, les informations suivantes concernant votre choix sont également affichées (vous ne pouvez pas les modifier)

Parcelle: 12'000 [m²]

2.4) (Information) Dimension de la parcelle sur laquelle est construite votre implantation. Cette surface est donnée en [m²].

Nb. d'étages: 7

2.5) (Information) Nombre d'étages des bâtiments de l'implantation. Chaque étage mesurant 2.9 [m] de haut.

Fraction de fenêtre

| | | | |
|---------|--------|--------|--------|
| Sud : | 65 [%] | Est : | 50 [%] |
| Ouest : | 50 [%] | Nord : | 30 [%] |

2.6) (Information) Fraction de fenêtre des bâtiment de l'implantation choisie. La fraction de fenêtre représente le rapport de la surface de fenêtre d'une façade sur la surface totale (mur + fenêtre) de cette façade. Cette valeur est donnée en [%]. Cette valeur peut varier d'une façade à l'autre; d'où les quatre valeurs ci-dessus.

Sous le plan de l'implantation, vous trouvez le nom donné à cette implantation. Vous pouvez choisir plus directement une implantation, en sélectionnant directement le nom de cette dernière dans le menu déroulant ci-dessous

NOM 2 barres Nord-Sud

2.7) (Sélectionnez ou information) Donne le nom de l'implantation choisi (au moyen de 2.1), 2.2) et 2.3)). Vous pouvez aussi directement sélectionnez une implantation par son nom au moyen de ce menu déroulant. Les caractéristiques de l'implantation seront automatiquement modifier pour correspondre à votre choix.

VARIABLES PHYSIQUES

Toutes ces variables sont les mêmes pour l'ensemble des bâtiments de votre implantation!

Ces variables sont données par défaut, dès que vous sélectionnez une implantation. Néanmoins, vous pouvez les modifier de la manière suivante

Type de vitrage
Isolant Double

2.8) (Sélectionnez) Ce menu déroulant vous permet de choisir le type de vitrage de votre bâtiment. Le vitrage sera le même pour les quatre façades. La liste détaillé de ces vitrages, ainsi que leurs performances, se trouve dans le §18, liste que vous pouvez obtenir en cliquant sur le mot Type de vitrage en hypertexte. La fraction de cadre vaut 30%.

| | | | |
|----------------|------------------|------|----------------------|
| Coefficient k: | du toit: | 0.40 | [W/m ² K] |
| | des façades: | 0.40 | [W/m ² K] |
| | du plancher sol: | 0.50 | [W/m ² K] |

2.9) (Entrez trois valeurs) Vous devez introduire les trois coefficients k suivant

Coefficient k du toit
Coefficient k des façades
Coefficient k du plancher sol

Ces coefficient doivent être données en [W/m² K].

Taux de renouvellement 0.60 [1/h]

2.10) (Entrez une valeur) Introduisez la valeur du taux de renouvellement de l'air. Cette valeur doit être donnée en [1/h].

Si vous voulez que les variables physiques suivent les recommandations faites par les normes SIA vous pouvez cliquer sur l'un des deux boutons ci-dessous

| | Limite SIA | Cible SIA |
|--|--------------------------|---------------------------|
| | 2.11) Cliquez 1 X | 2.12) Cliquez 1 X |
| Type de vitrage | Isolant double | Isolant doublepyrolytique |
| k du toit [W/m ² K] | 0.4 | 0.3 |
| k des façades [W/m ² K] | 0.4 | 0.3 |
| k du plancher sol [W/m ² K] | 0.5 | 0.3 |
| taux de renouvellement de l'air [1/h] | 0.6 | 0.6 |

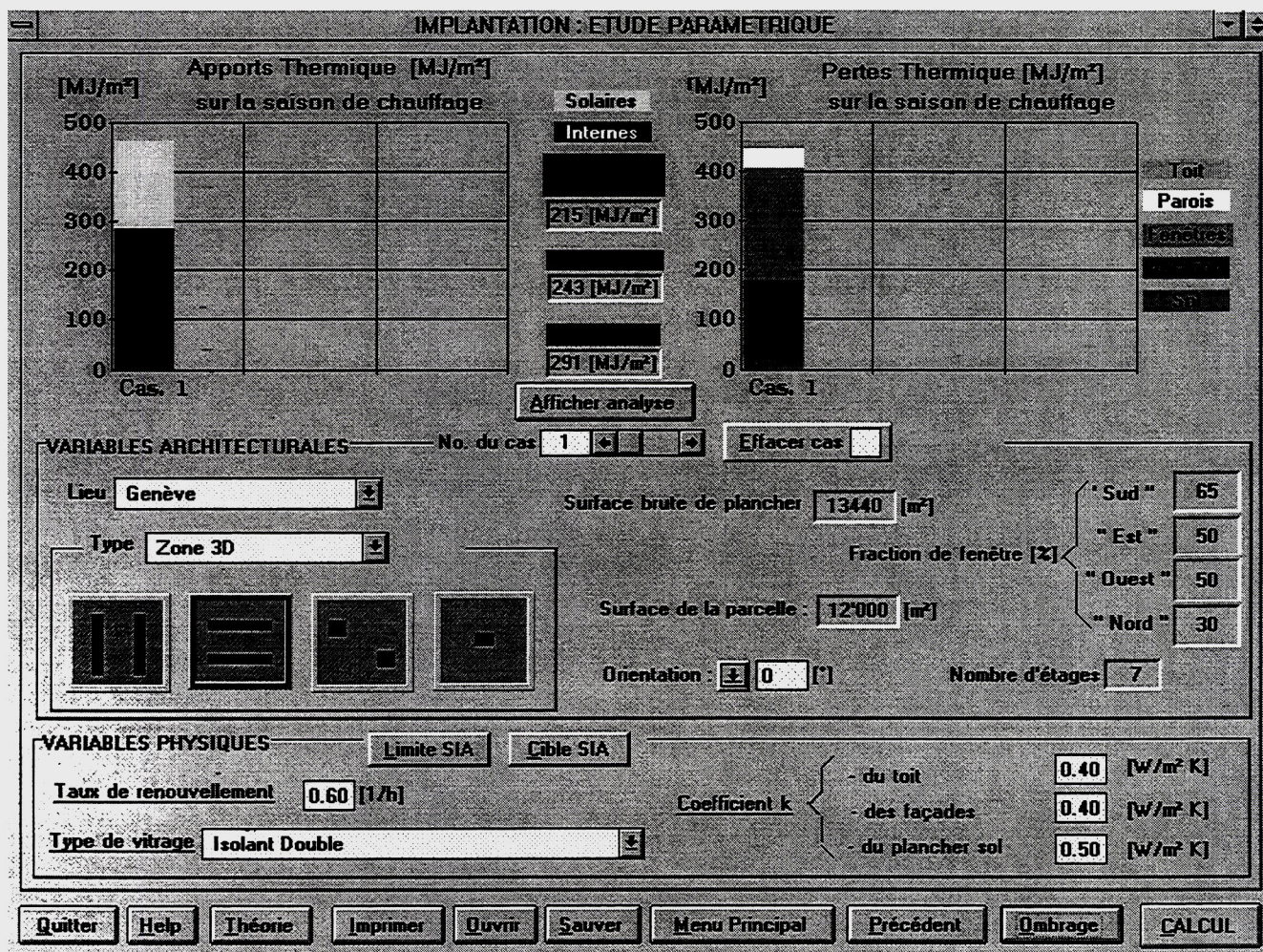
CALCUL

Lorsque l'ensemble des variables ont été entrée, le bouton **CALCUL [2.13)]** est activé. Dans le cas contraire, vous devez rentrer une ou plusieurs données manquantes.



2.13) (Cliquez 1X) Lance le calcul du bilan énergétique de votre implantation. Le calcul dure quelques secondes (cette durée dépend des performances de votre ordinateur). Les résultats sont automatiquement affichées dans un nouvel écran [=> **3) Implantation: Etude paramétrique**]

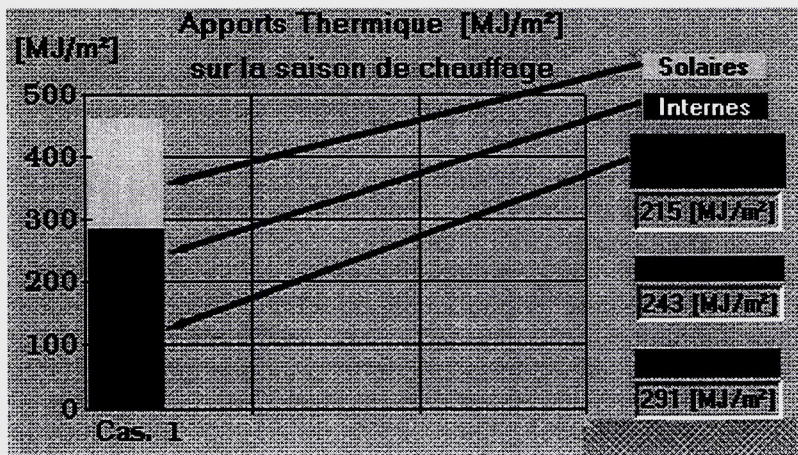
§3) IMPLANTATION : ETUDE PARAMETRIQUE (Depuis 2.13))



Cet écran affiche le résultat du calcul concernant le bilan énergétique de votre implantation. Mais il permet également de comparer plusieurs variantes différentes.

Dans le cas où vous avez précédemment cliqué sur le bouton **CALCUL** [2.13] de l'écran [2] *Implantation : paramètres*, vous n'avez qu'une colonne par graphique. Ces dernières sont repérées (au-dessous) par "Cas 1"

La colonne du graphique de gauche représente la somme des apports thermiques de votre implantation. C'est-à-dire la somme des gains solaires, des gains internes et de l'énergie de chauffage que vous devrez fournir. Ces énergies sont données en $[MJ/m^2]$ de surface de référence énergétique (SRE) et pour la durée de la saison de chauffage, comme le montre l'image qui suit



3.1) (Information) Affiche les apports thermiques de votre implantation sur la saison de chauffage

La colonne du graphique gauche [3.1] de l'écran est composée des trois parties suivantes (de haut en bas)

Gains solaires [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage

Gains internes [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage

Energie de chauffage [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage

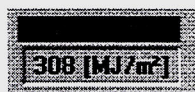
La colonne est repérée par "Cas 1" qui signifie que cette colonne représente la somme des apports pour la première implantation que vous venez de calculer. Comme vous le verrez plus loin, il est possible de comparer plusieurs variantes différentes. Chaque nouvelle variante fera apparaître une nouvelle colonne par graphique qui sera alors repéré par "Cas 2", "Cas 3" etc.

Vous pouvez également lire à gauche de ce graphique, les trois valeurs suivantes (de haut en bas)

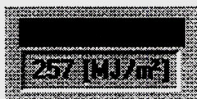


3.2) (Information) Cette valeur indique la valeur de **l'énergie de chauffage** que vous devez fournir à votre implantation. Cette valeur est donnée en [MJ/m²] de SRE et pour une saison de chauffage. C'est cette valeur qui est représentée sur le graphique (partie inférieure de la colonne représentant la somme des apports thermiques).

Pour avoir une référence sur cette énergie de chauffage, BAT-MAN affiche les deux valeurs suivantes comme repère.

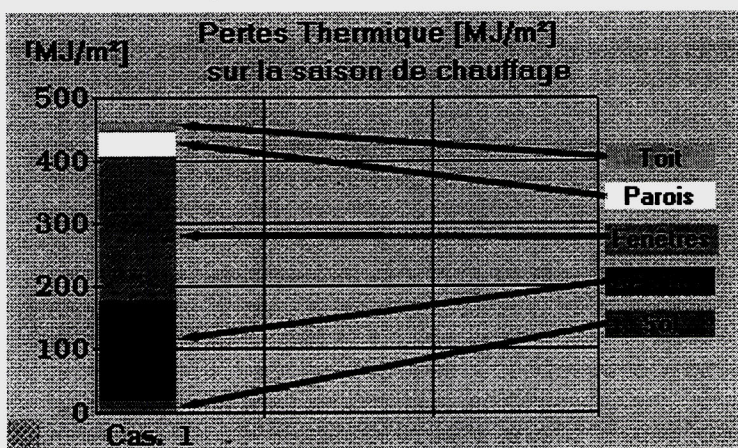


3.3) (Information) Cette valeur indique l'énergie de chauffage que vous devez fournir à votre implantation pour être conforme à la valeur **limite SIA** défini par la norme SIA 380/1. Elle est donnée en [MJ/m²] de SRE et pour une saison de chauffage.



3.4) (Information) Cette valeur indique l'énergie de chauffage que vous devez fournir à votre implantation pour être conforme à la valeur *cible SIA* définie par la norme SIA 380/1. Elle est donnée en $[MJ/m^2]$ de SRE et pour une saison de chauffage.

Dans le graphique de droite, vous avez une colonne qui représente la somme des pertes de votre implantation. C'est-à-dire la somme des pertes par le toit, par les parois, par les fenêtres, par l'aération et par le sol. Ces énergies sont données en $[MJ/m^2]$ de SRE et pour la durée de la saison de chauffage, comme le montre l'image qui suit



3.5) (Information) Affiche les pertes thermiques de votre implantation sur la saison de chauffage

Cette colonne (du graphique de droite) est la somme des pertes suivantes (de haut en bas sur le graphique)

- Pertes par le toit** $[MJ/m^2]$ de SRE et pour la durée de la saison de chauffage
- Pertes par les parois** $[MJ/m^2]$ de SRE et pour la durée de la saison de chauffage
- Pertes par les fenêtres** $[MJ/m^2]$ de SRE et pour la durée de la saison de chauffage
- Pertes par l'aération** $[MJ/m^2]$ de SRE et pour la durée de la saison de chauffage
- Pertes par le sol** $[MJ/m^2]$ de SRE et pour la durée de la saison de chauffage

Etant donné que sur une longue période il y a équilibre entre les apports et les pertes, la somme des apports thermiques (colonne de gauche) est égale à la somme des pertes (colonne de droite). Comme pour le graphique représentant les apports thermiques (gauche) cette colonne est repérée par "Cas 1".

En-dessous de ces deux graphiques, vous trouvez l'ensemble des variables architecturales et physiques que vous avez introduit dans l'écran précédent [2) *Implantation : paramètres*]. Ces variables correspondent aux variables 2.1) à 2.12).

Vous pouvez également obtenir une analyse de la qualité énergétique de votre implantation en cliquant sur le bouton suivant

3.6) (Cliquez 1 X) Affiche une analyse de la qualité de l'implantation que vous venez de calculer. Ce texte comprend également certains termes en hypertexte. En cliquant sur ces derniers, vous serez directement envoyé dans le module de connaissance de physique du bâtiment, à la page correspondant au mot cliqué. Après avoir pris connaissance de cette analyse, vous pouvez l'effacer en re cliquant sur le bouton **Effacer analyse**, qui a remplacé le bouton **Afficher analyse** ci-dessus [3.6].

NOUVELLE VARIANTE

Vous pouvez calculer une variante différente de celle à l'écran en modifiant une ou plusieurs variables (physiques), puis en cliquant sur le bouton **CALCUL** [3.7] ci-dessous.

3.7) (Cliquez 1 X) Lance un nouveau calcul de bilan énergétique de l'implantation dont les variables sont à l'écran. Après quelques secondes, vous verrez apparaître une nouvelle colonne dans chaque graphique. Ces colonnes représentent la somme des apports thermiques (colonne de gauche) et la somme des pertes thermiques (colonne de droite) de cette nouvelle variante.

Vous pouvez ainsi calculer jusqu'à six variantes. Chaque colonne, représente une variante. Pour retrouver les variables correspondant à l'une ou l'autre de ces variantes, utilisez la méthode suivante

1



3.8) (Sélectionnez) Le chiffre indique le numéro de la variante dont les variables sont affichées à l'écran. Ce chiffre correspond donc au chiffre qui accompagne le repère "Cas " (sous chaque colonne). Pour afficher les variables correspondant à une autre variante, vous n'avez qu'à cliquer sur les flèches pour afficher le numéro de la variante qui vous intéresse. Automatiquement, les variables correspondant à cette variante seront affichées. De plus, l'analyse que vous pouvez afficher (avec 3.6) correspond toujours à la variante indiquée ici !

EFFACER UNE VARIANTE

Dans le cas où vous désirez effacer une des variante (à l'écran) procédez de la manière suivante



3.9) (Introduisez un chiffre et cliquez) Après avoir introduit le chiffre de la variante à effacer (1), par exemple 3 si vous désirez effacer le "Cas 3", cliquez sur le bouton *Effacer cas* (2). Un message de confirmation apparaît alors. Si vous confirmez (en cliquant sur le bouton Oui) la variante s'effacera. C'est-à-dire que les variables correspondant à cette variante seront perdues et les colonnes correspondantes (apports et pertes thermiques) disparaîtront du graphique (avec réarrangement des chiffres pour les variantes restantes).

Cet écran vous permet ainsi de comparer jusqu'à 6 variantes différentes en même temps.

OMBRAGES

Vous pouvez également obtenir une vue du soleil (pour différentes heures et différentes dates) des implantation.

Il vous est possible à partir de cet écran d'obtenir des vues du soleil de ces différentes implantation, sauf pour *La cour* et *2 barres Nord-Sud + 3 villas locatives*. Il suffit de cliquer sur le bouton suivant [3.10].



3.10) (Cliquez 1 X) Permet de visualiser les ombrages pour différentes heures et différentes dates à partir du l'écran suivant [=> 15) *Ombrage*].

GESTION DES DONNEES

Finalement, il est possible de sauvegarder ces variantes ou de charger des variantes sauvegardées avec les boutons (**SAUVER** et **OUVRIR**). La sauvgarde des données concerne l'ensemble des différentes variantes qui ont été calculé dans ce écran et pas seulement la variante dont les variables sont à l'écran. Le fichier sauvgardé aura une extension **.bma**.

Il est également possible d'imprimer ces données en cliquant sur le bouton (**IMPRIMER**). Cette action aura pour effet d'ouvrir une fenêtre dans laquelle apparaîtront les données imprimables :

- Les graphiques (apports thermiques et pertes thermiques): 1ère page
- Les variables des différentes variantes: 2ème page
- Texte de l'analyse experte des différentes variantes: pages suivantes.

L'impression de ces données se fait en cliquant sur le bouton **IMPRESSION**.

§4) BATIMENT : PARAMETRES

(Depuis 1.2)

BATIMENT : PARAMETRES

LOCALISATION DU BATIMENT

Lieu:

VARIABLES ARCHITECTURALES

Forme:

Largeur de la façade "Sud": [m]

Profondeur: [m]

Nombre d'étages:

Orientation: [°]

Fraction de fenêtre [%]

"Sud": "Est":

"Ouest": "Nord":

Surface brute de plancher: [m²]

VARIABLES PHYSIQUES

Limite SIA: Cible SIA:

Type de vitrage:

Taux de renouvellement: [1/h]

Coefficient k

- du toit: [W/m² K]
- des façades: [W/m² K]
- du plancher: [W/m² K]

Cet écran sert à entrer les paramètres caractérisant votre bâtiment. Après avoir rentré l'ensemble des paramètres de cet écran le bouton CALCUL s'activera. En lui cliquant dessus, vous lancerez le calcul (via LESOSAI) du bilan énergétique de votre bâtiment. Les résultats apparaîtront directement dans un nouvel écran.

Vous pouvez soit définir toutes les valeurs les une après les autres, soit utiliser des valeurs prédéfinies avec la méthode suivantes



4.1) (Cliquez 1 X) En cliquant sur la flèche de droite vous ouvrez une petite fenêtre avec les trois icônes ci-dessus (Tour, Barre et Halle) [= > 14) *Formes*]. Un cliquant sur l'une de ces trois icônes vous introduisez un bâtiment dont toutes les variables architecturales et physiques sont prédéfinies (cf. §14).

Vous pouvez néanmoins modifier ces valeurs dans la limite du possible. Vous pouvez également entrer ces paramètres un par un. Vous trouvez ci-dessous la liste des paramètres à rentrer.

Les paramètres à rentrer dans cet écran sont les suivants.

Lieu :

4.2) (Sélectionnez) Ce menu déroulant donne la liste des localités pour lesquelles vous pouvez effectuer le calcul. Sélectionnez la localité qui vous intéresse. Vous trouvez la liste de ces localités au §17.

Ces localités définissent les conditions météo du lieu de construction.

VARIABLES ARCHITECTURALES

Largeur de la façade "Sud" : [m]

4.3) (Entrez une valeur) Cette zone d'entrée sert à définir la largeur de la *façade "Sud"*. Les explications concernant la définition de la *façade "Sud"* se trouvent au §13. Cette valeur doit être donnée en mètres [m].

Profondeur : [m]

4.4) (Entrez une valeur) Cette zone d'entrée sert à définir la profondeur de votre bâtiment. Cette valeur doit être donnée en mètre [m].

Nombre d'étages :

4.5) (Entrez une valeur) Cette zone d'entrée sert à définir le nombre d'étage de votre bâtiment. Cette valeur doit donc être un nombre entier. Chaque étage fait 2.9 [m] de haut..

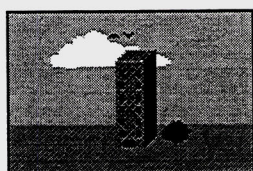
Dés que ces trois entrées (largeur de la *façade "Sud"*, profondeur et nombre d'étages) sont données, vous avez la surface brute de plancher correspondante qui apparaît à droite des ces trois entrées [4.6].

Surface brute de plancher : [m²]

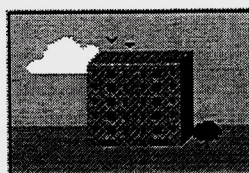
4.6) (Information) Cette valeur correspond à la surface brute de plancher du bâtiment dont vous avez rentré les dimensions (largeur de la *façade "Sud"*, profondeur et nombre d'étages). Cette surface est donnée en [m²].

Dés que les trois entrées: largeur de la *façade "Sud"*, profondeur et nombre d'étages sont données, vous voyez également apparaître une des trois icônes suivantes

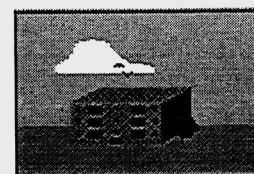
Tour



Barre



Halle



Ces icônes ne représentent pas votre bâtiment à l'échelle. Elles ne servent qu'à vous indiquer le genre de forme qu'à le bâtiment dont vous venez d'entrer les dimensions. Le choix de l'icône se fait en fonction des proportions du bâtiment que vous introduisez.

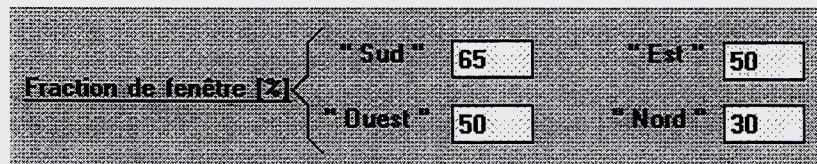


4.7) (Entrez une valeur) Sert à définir l'orientation du bâtiment. Dans cette zone d'entrée, vous devez donner l'orientation de la *façade "Sud"*. Cette valeur doit être donnée en degré [°].

Pour vous aidez à définir cette orientation, cliquez sur la flèche. Vous verrez apparaître l'écran [=> 13). *Orientation*]. Dans le cas contraire, n'oubliez pas que l'orientation est définie de la manière suivante: Prenez une des façade du bâtiment comme référence; c'est cette façade qui est appelée *façade "Sud"*. Ensuite de quoi, donnez l'orientation de cette façade par rapport au Sud géographique. La convention pour l'orientation est la suivante

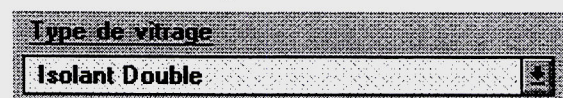
| | |
|---------|--------------|
| 0° => | SUD |
| 90° => | OUEST |
| -90° => | EST |
| 180° => | NORD |

Ainsi le Sud-Est correspond à -45° !



4.8) (Entrez quatre valeurs) Dans ces zones, vous devez introduire le pourcentage de fenêtre que comporte chaque façade. Ces valeurs doivent être données en pourcentage [%] et correspondent au rapport de la surface de fenêtre sur la surface de façade. Ces valeurs sont donc comprises entre 0 et 100 %. (La fraction de cadre vaut toujours 30%) N'oubliez pas que "Sud" correspond à la façade que vous avez définie comme *façade "Sud"*.

VARIABLES PHYSIQUES



4.9) (Sélectionnez) Ce menu déroulant vous permet de choisir le type de vitrage de votre bâtiment. Le vitrage sera le même pour les quatre façades. La liste détaillée de ces vitrages, ainsi que leurs performances, se trouve dans le §18, liste que vous pouvez obtenir en cliquant sur l'hypertexte **Type de vitrage**.

| | | | |
|---------------|-------------|-----------------------------------|----------------------|
| Coefficient k | du toit | <input type="text" value="0.40"/> | [W/m ² K] |
| | des façades | <input type="text" value="0.40"/> | [W/m ² K] |
| | du plancher | <input type="text" value="0.50"/> | [W/m ² K] |

4.10) (Entrez trois valeurs) Vous devez introduire les trois coefficients k suivants

Coefficient k du toit
Coefficient k des façades
Coefficient k du plancher sol

Ces coefficients doivent être données en [W/m² K].

| | | |
|------------------------|-----------------------------------|-------|
| Taux de renouvellement | <input type="text" value="0.60"/> | [1/h] |
|------------------------|-----------------------------------|-------|

4.11) (Entrez une valeur) Introduisez la valeur du taux de renouvellement de l'air. Cette valeur doit être donnée en [1/h].

Si vous voulez que les variables physiques suivent les recommandations faites par les normes SIA vous pouvez cliquer sur l'un des deux boutons ci-dessous

| | <input type="button" value="Limite SIA"/> | <input type="button" value="Cible SIA"/> |
|--|---|--|
| | 4.12) Cliquez 1 X | 4.13) Cliquez 1 X |
| Type de vitrage | Isolant double | Isolant double pyrolytique |
| k du toit [W/m ² K] | 0.4 | 0.3 |
| k des façades [W/m ² K] | 0.4 | 0.3 |
| k du plancher sol [W/m ² K] | 0.5 | 0.3 |
| taux de renouvellement de l'air [1/h] | 0.6 | 0.6 |

CALCUL

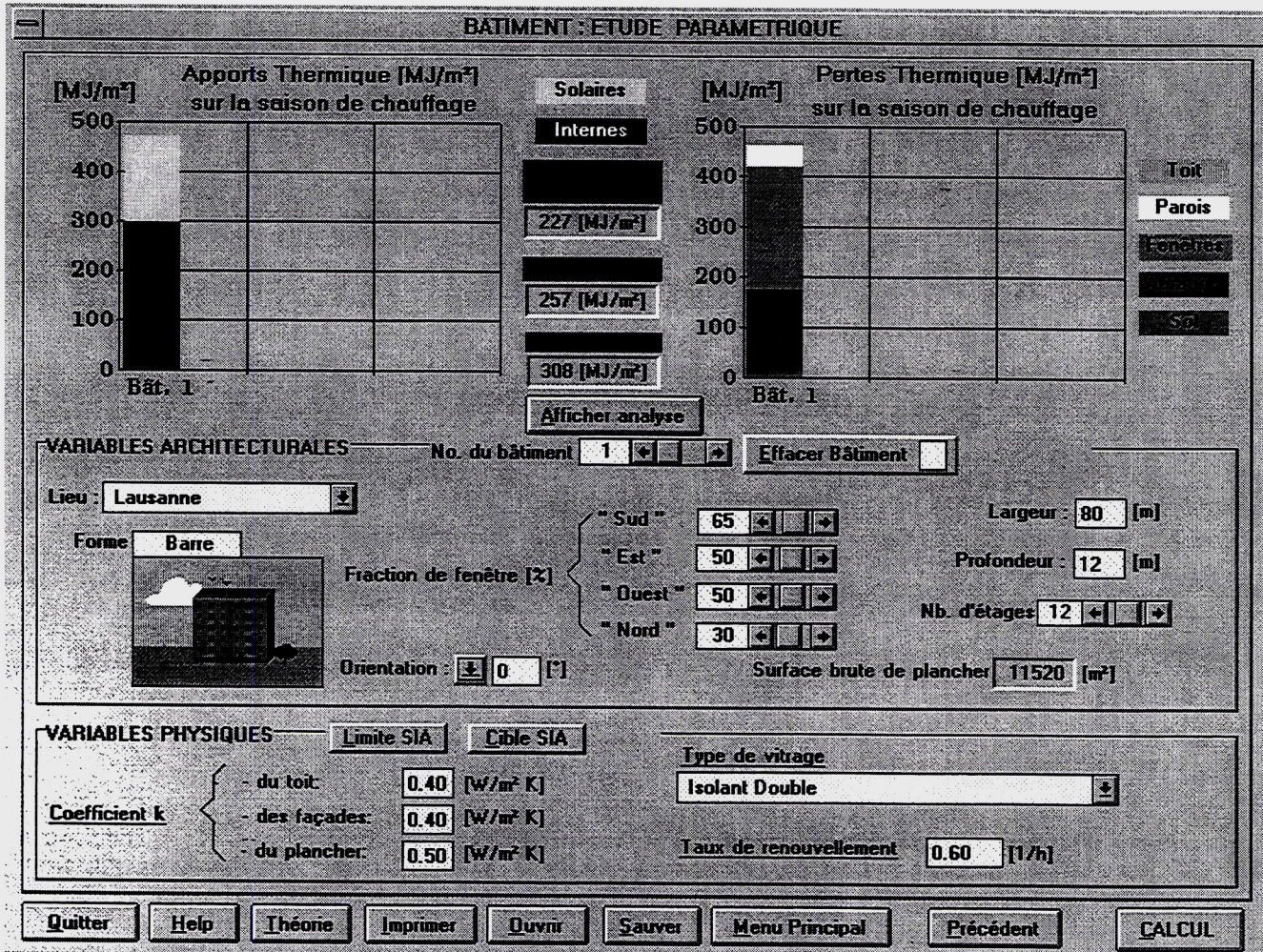
Lorsque l'ensemble des données architecturales et physiques ont été entré, le bouton **CALCUL [4.14]** est activé. Dans le cas contraire, vous devez encore introduire une ou plusieurs données manquante(s).



4.14) (Cliquez 1X) Lance le calcul du bilan énergétique de votre bâtiment. Le calcul dure quelques secondes (cette durée dépend des performances de votre ordinateur). Les résultats sont affichés dans un nouvel écran [=> 5) *Bâtiment : Etude paramétrique*]

§5) BATIMENT : ETUDE PARAMETRIQUE

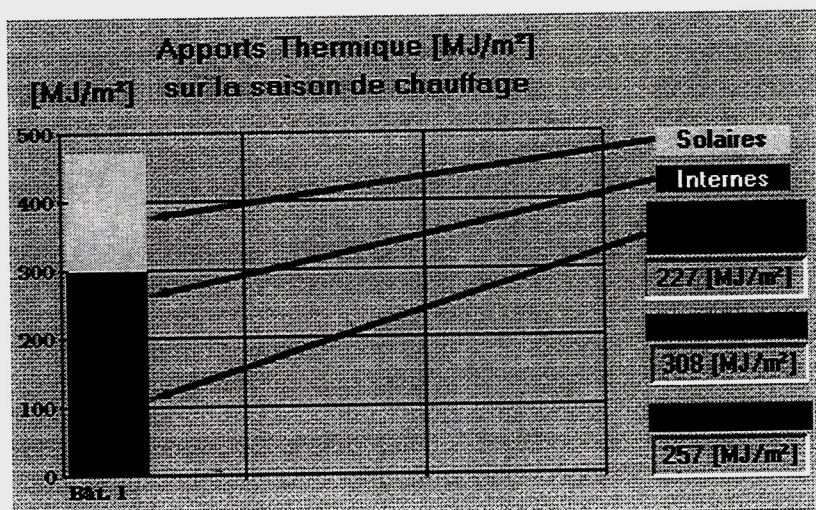
(Depuis 4.14)



Cet écran affiche les résultats du calcul du bilan énergétique de votre bâtiment. Mais il est également possible de comparer plusieurs variantes en modifiant une ou plusieurs variables et en relançant le calcul, comme indiqué à la fin de ce paragraphe.

Dans le cas où cet écran est apparu après avoir cliqué sur le bouton **CALCUL** [4.14] de l'écran [4] *Bâtiment : paramètres*, vous n'avez qu'une colonne par graphique. Ces deux colonnes sont repérées (en-dessous) par "Bât. 1"

La colonne du graphique de gauche représente la somme des apports thermiques de votre bâtiment. C'est-à-dire la somme des gains solaires, des gains internes et de l'énergie de chauffage que vous devrez fournir. Ces énergies sont données en [MJ/m²] de surface de référence énergétique (SRE) et pour la durée de la saison de chauffage, comme le montre l'image qui suit



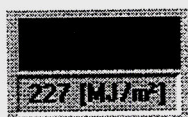
5.1) (Information) Affiche les apports thermiques de votre bâtiment sur la saison de chauffage

La colonne du graphique de gauche est composée des trois parties suivantes (de haut en bas)

- Gains solaires** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.
- Gains internes** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.
- Energie de chauffage** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.

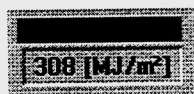
La colonne est repérée par "Bât. 1" qui signifie que cette colonne représente la somme des apports pour le premier bâtiment que vous venez de calculer. Comme vous le verrez plus loin, il est possible de comparer plusieurs variantes différentes. Chaque nouvelle variante sera alors repérée par "Bât. 2", "Bât. 3", etc.

Vous pouvez également lire à droite de ce graphique les trois valeurs suivantes (de haut en bas)



5.2) (Information) Cette valeur indique la valeur de **l'énergie de chauffage** que vous devez fournir à votre bâtiment. Cette valeur est donnée en [MJ/m²] de SRE et pour une saison de chauffage. C'est cette valeur qui est représentée sur le graphique (partie inférieure de la colonne).

Pour avoir une référence sur cette énergie de chauffage, BAT-MAN affiche les deux valeurs suivantes comme repère.

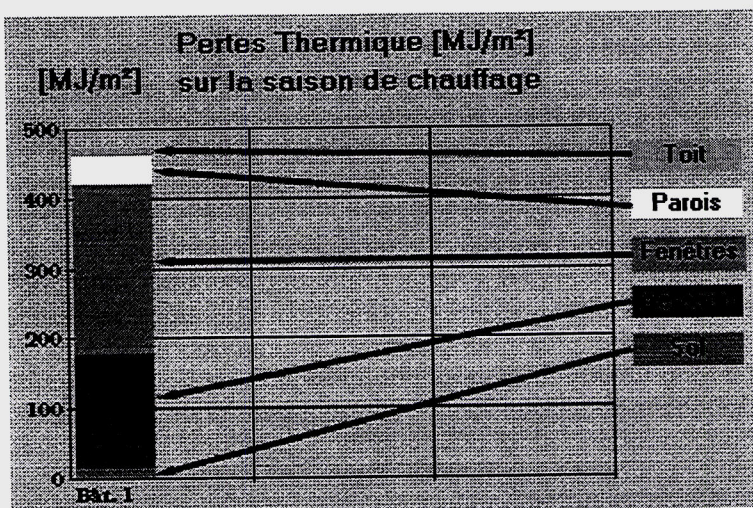


5.3) (Information) Cette valeur indique la valeur de l'énergie de chauffage que vous devez fournir à votre bâtiment pour que ce dernier soit conforme à la valeur **limite SIA** définit par la norme SIA 380/1. Cette valeur est donnée en [MJ/m²] de SRE et pour une saison de chauffage.

257 [MJ/m²]

5.4) (Information) Cette valeur indique la valeur de l'énergie de chauffage que vous devez fournir à votre bâtiment pour que ce dernier soit conforme à la valeur *cible* SIA défini par la norme SIA 380/1. Cette valeur est donnée en [MJ/m²] de SRE et et pour une saison de chauffage.

Dans le graphique de droite, vous avez une colonne qui représente la somme des pertes de votre bâtiment. C'est-à-dire la somme des pertes par le toit, par les parois, par les fenêtres, par l'aération et par le sol. Ces énergie sont données en [W/m²] de surface de référence énergétique (SRE) et pour la durée de la saison de chauffage, comme le montre l'image qui suit



5.5) (Information) Affiche les pertes thermiques de votre bâtiment sur la saison de chauffage

Cette colonne (du graphique de droite) est la somme des pertes suivantes (de haut en bas sur le graphique)

- Pertes par le toit** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.
- Pertes par les parois** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.
- Pertes par les fenêtres** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.
- Pertes par l'aération** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.
- Pertes par le sol** [MJ/m²] de SRE et pour la durée de la saison de chauffage.

Etant donné que sur une longue période les apports sont égaux aux pertes, la somme des apports thermiques (colonne de gauche) est égale à la somme des pertes (colonne de droite). Comme pour le graphique représentant les apports thermiques (gauche) cette colonne est repérée par "Bât. 1".

En-dessous de ces deux graphiques, vous trouvez l'ensemble des variables architecturales et physiques que vous avez introduit dans l'écran précédent [4) *Bâtiment : paramètres*]. Ces variables correspondent aux variables 4.1) à 4.12).

Vous pouvez également obtenir une analyse de la qualité énergétique de votre implantation en cliquant sur le bouton suivant

5.6) (Cliquez 1 X) Affiche une analyse de la qualité du bâtiment que vous venez de calculer. Ce texte comprend également certains termes en hypertexte. En leurs cliquant dessus, vous serez directement envoyé dans le module de connaissance de physique du bâtiment, à la page correspondant au mot cliqué.

Après avoir pris connaissance de cette analyse, vous pouvez l'effacer en re cliquant sur le bouton **Effacer analyse**, qui a remplacé le bouton **Afficher analyse** ci-dessus [5.6].

NOUVELLE VARIANTE

Vous pouvez calculer une variante différente de celle à l'écran en modifiant une ou plusieurs variables (architecturale et/ou physiques), puis en cliquant sur le bouton **CALCUL** [5.7] ci-dessous

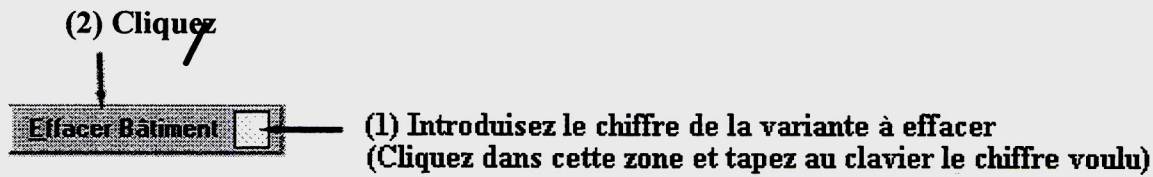
5.7) (Cliquez 1 X) Lance un nouveau calcul de bilan énergétique du bâtiment dont les variables sont à l'écran. Après quelques secondes, vous verrez apparaître une nouvelle colonne dans chaque graphique. Ces colonnes représentent la somme des apports thermiques (colonne de gauche) et la somme des pertes thermiques (colonne de droite) de cette nouvelle variante.

Vous pouvez ainsi calculer jusqu'à six variantes. Chaque colonne, représente une variante. Pour retrouver les variables architecturales et physiques correspondantes à l'une ou l'autre de ces variantes, utilisez la méthode suivante

5.8) (Sélectionnez) Ce chiffre indique le numéro de la variante dont les variables architecturales et physiques sont affichées à l'écran. Ce chiffre correspond donc au chiffre qui accompagne le repère "Bât. " qui se trouve sous chaque colonne. Pour afficher les variables correspondant à une autre variante, vous n'avez qu'à cliquer sur les flèches pour afficher le numéro de la variante qui vous intéresse. De plus l'analyse que vous affichez (avec 5.6)) correspond toujours à la variante indiquée ici !

EFFACER UNE VARIANTE

Dans le cas où vous désirez effacer une variante (n'importe laquelle) , procédez de la manière suivante



5.9) (Introduisez un chiffre et cliquez) Après avoir introduit le chiffre de la variante à effacer (1), cliquez sur le bouton *Effacer bâtiment* (2). Un message de confirmation apparaît alors. Si vous confirmer (en cliquant sur le bouton Oui) la variante s'effacera. C'est-à-dire que les variables architecturales et physiques correspondants à cette variante seront perdues et les colonnes correspondantes à cette variante disparaîtront du graphique (avec réarrangement des chiffres pour les variantes restantes).

Cet écran vous permet ainsi de comparer jusqu'à 6 variantes différentes en même temps.

GESTION DES DONNEES

Finalement, il est possible de sauvegarder ces variantes ou de charger des variantes sauvegardées avec les boutons (**SAUVER** et **OUVRIER**). La sauvgarde des données concerne l'ensemble des différentes variantes qui ont été calculé dans ce écran et pas seulement la variante dont les variables sont à l'écran. Le fichier sauvgardé aura une extension **.bma**.

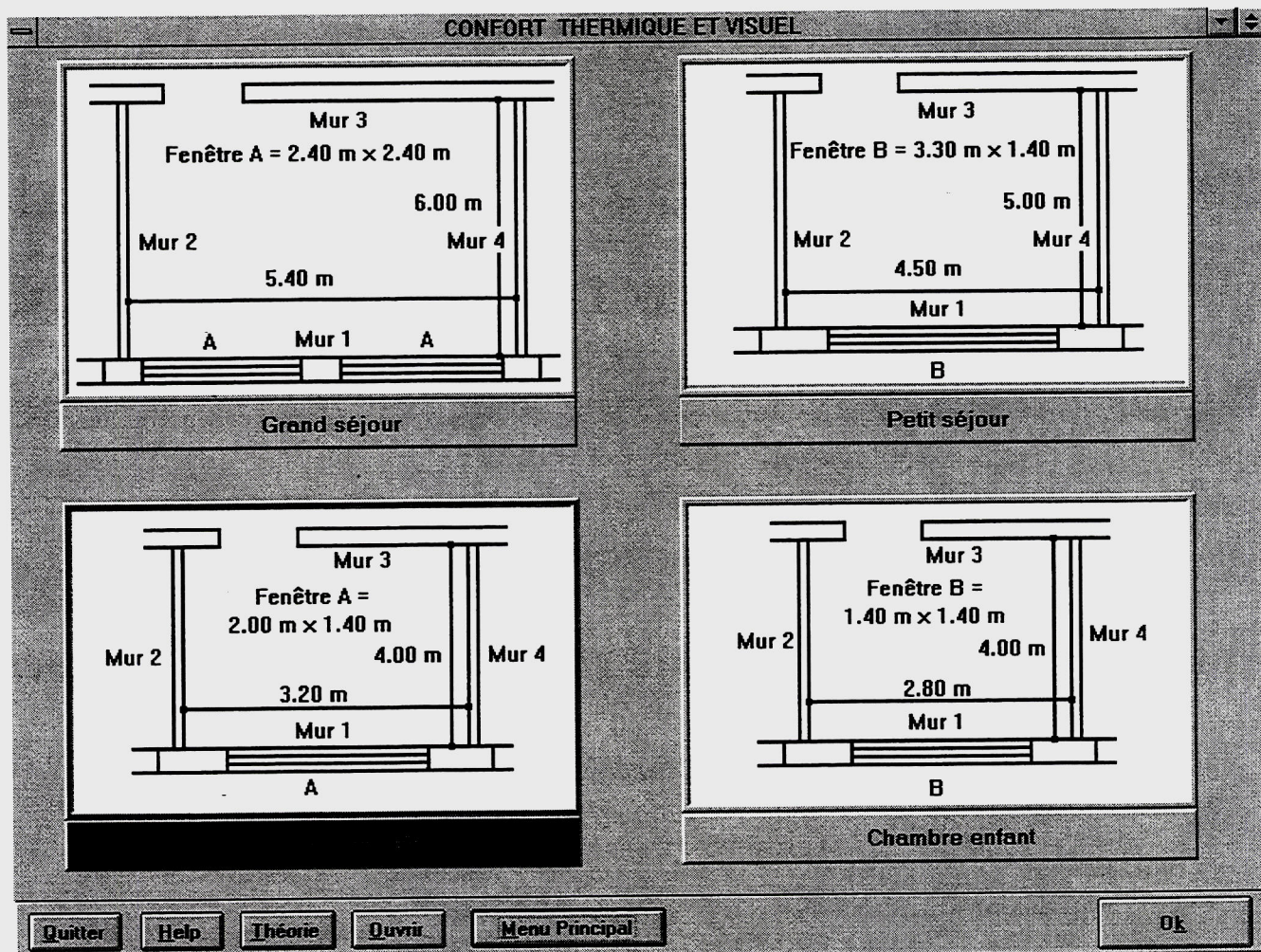
Il est également possible d'imprimer ces données en cliquant sur le bouton (**IMPRIMER**). Cette action aura pour effet d'ouvrir une fenêtre dans laquelle apparaîtront les données imprimables :

- Les graphiques (apports thermiques et pertes thermiques): 1ère page
- Les variables des différentes variantes: 2ème page
- Texte de l'analyse experte des différentes variantes: pages suivantes.

L'impression de ces données se fait en cliquant sur le bouton **IMPRESSION**.

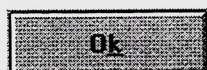
§6) CONFORT THERMIQUE ET VISUEL

(Depuis 1.3))



Cet écran sert à définir la typologie de la pièce dont vous désirez étudier le confort thermique et/ou visuel. Vous avez le choix entre quatre typologies qui sont parmi les plus courantes.

La sélection d'une typologie se fait en cliquant soit sur l'image soit sur le bouton de la typologie qui vous intéresse. Votre choix vous sera rappelé par le cadre rouge qui apparaît autour de la typologie choisie (ici "Chambre parent"). Lorsque votre choix est fait le bouton **Ok** [6.1] ci-dessous devient actif.



6.1) (Cliquez 1 X) Ce bouton vous sert à confirmer la typologie choisie et à passer à l'écran suivant [= > 7) *Confort thermique et visuel: vitrage*]

§7) CONFORT THERMIQUE ET VISUEL : VITRAGE (Depuis 6.1)

CONFORT THERMIQUE ET VISUEL : VITRAGE

Pièce

Surface

Mur 1 [m²]

Mur 2 [m²]

Mur 3 [m²]

Surface

Mur 4 [m²]

Sol [m²]

Plafond [m²]

VITRAGE

Type de vitrage

Transmission lumineuse perpendiculaire

Coefficient k de la fenêtre [W/m²K]

Fraction de fenêtre du bâtiment [%] {

| | | | |
|-----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|
| " Sud " | <input type="text" value="22"/> | " Est " | <input type="text" value="22"/> |
| " Ouest " | <input type="text" value="22"/> | " Nord " | <input type="text" value="22"/> |

<< Confort thermique

Confort visuel >>

Cet écran vous rappelle la typologie de la pièce au moyen de l'image de la pièce que vous avez précédemment sélectionné, ainsi que les surfaces des quatre murs, du sol et du plafond défini par ce choix. Vous trouvez également un menu déroulant avec le nom assigné à la typologie choisie (à l'écran); vous pouvez néanmoins encore la modifier au moyen de ce menu déroulant.

Pièce

7.1) Sert à changer (si nécessaire) la typologie de votre pièce. Les choix de ce menu correspondent au choix que vous aviez dans la fenêtre précédente (7.0) Confort thermique et visuel). En changeant la typologie, les surfaces [m²] des quatre murs, du sol et du plafond sont automatiquement affichées dans les zones d'informations correspondantes se trouvant à gauche et à droite de l'image.

Vous devez introduire le type de vitrage de la fenêtre au moyen du menu déroulant suivant

A screenshot of a software interface showing a dropdown menu. The menu is titled "Type de vitrage" and is currently closed, showing a small downward-pointing arrow on the right side of the menu box.

7.2) (Sélectionnez) Sert à choisir le type de vitrage du bâtiment dans lequel se trouvent votre pièce. Vous aurez alors les valeurs de la transmission lumineuse perpendiculaire et du coefficient k de la fenêtre qui apparaîtront à gauche de ce menu déroulant. Vous trouvez dans le §18 la liste de ces différents vitrages.

A screenshot of a software interface showing a form titled "Fraction de fenêtre du bâtiment [z]". To the right of the title, there are four input fields arranged in a 2x2 grid. Each field is labeled with a cardinal direction and contains the number "22":

- Top-left: "Sud" with input field "22"
- Top-right: "Est" with input field "22"
- Bottom-left: "Ouest" with input field "22"
- Bottom-right: "Nord" with input field "22"

 A large curly bracket on the left side of the four input fields groups them together.

7.3) (Entrez quatre valeurs) Sert à définir la fraction de fenêtre du bâtiment dans lequel se trouve votre pièce. Ces valeurs sont données en pourcentage [%] de la surface de la façade (la fraction de cadre vaut toujours 30%). Lorsque cet écran apparaît, des pourcentage sont donnés par défaut. Vous pouvez néanmoins modifier ces valeurs dans la mesure du possible.

Les deux boutons qui suivent s'activent lorsque toutes les données de l'écran ont été entré.

A screenshot of a rectangular button with a dark background and light text. The text on the button reads "<< Confort thermique".

7.4) (Cliquez 1 X) Permet de confirmer les données que vous avez entré dans cet écran, puis de passer à l'écran suivant. [= > 8) *Confort thermique: Le bâtiment*]

A screenshot of a rectangular button with a dark background and light text. The text on the button reads "Confort visuel >>".

7.5) (Cliquez 1 X) Permet de confirmer les données que vous avez entré dans cet écran, puis de passer à l'écran suivant. [= > 11) *Confort visuel*]

§8) CONFORT THERMIQUE : LE BATIMENT (Depuis 7.4) ou 12.6)

CONFORT THERMIQUE : LE BATIMENT

Bâtiment

Lieu [↓]

Forme [↓]

Largeur de la façade "Sud" : [m]

Orientation : [°]

Profondeur : [m]

Nombre d'étages :

Taux de renouvellement [1/h]

Surface brute de plancher [m²]

Façades et dalles

Mur de façade [↓]

Capacité thermique du mur intérieur [kJ/K m²]

Coefficient k [W/m² K]

Dalles

Capacité thermique des dalles [kJ/K m²]

Protections solaires

Type : [↓]

CALCUL

Période [↓]

Cet écran sert à définir les variables concernant le bâtiment dans lequel se trouve la pièce que vous désirez étudier. Ces données sont nécessaires car le confort thermique dépend non seulement de la pièce elle-même, mais également du bâtiment abritant la pièce.

Vous devez donc entrer les données suivantes

Lieu [↓]

8.1) (Sélectionnez) Sert à définir le lieu de construction du bâtiment contenant la pièce étudiée, afin de connaître la météo de l'endroit.

Orientation : [°]


8.2) (Entrez une valeur) Sert à définir l'orientation du bâtiment. Dans cette zone d'entrée, vous devez donner l'orientation de la *façade "Sud"*. Cette valeur doit être donnée en degré [°].

Pour vous aider à définir cette orientation, cliquez sur la flèche. Vous verrez apparaître l'écran [= > 13). *Orientation*]. Dans le cas contraire,

n'oubliez pas que l'orientation est définie de la manière suivante: Prenez une des façade du bâtiment comme référence; c'est cette façade qui est appelée *façade "Sud"*. Ensuite de quoi, donnez l'orientation de cette façade par rapport au Sud géographique. La convention pour l'orientation est la suivante

| | |
|---------|-------|
| 0° => | SUD |
| 90° => | OUEST |
| -90° => | EST |
| 180° => | NORD |

Ainsi le Sud-Est correspond à -45° !

Forme 

8.3) (Sélectionnez (facultatif)) Sert à définir des dimensions par défaut d'un bâtiment. En cliquant sur la flèche à l'extrémité droite, vous verrez apparaître trois bâtiments différents: une tour, une barre et une halle. En cliquant sur l'un des trois bâtiments à choix, vous obtiendrez une largeur de la *façade "Sud"*, la profondeur et le nombre d'étages donnés par défaut. L'icône du bâtiment sélectionné apparaîtra également à l'écran.

Largeur de la façade "Sud" [m]

8.4) (Entrez un nombre) Sert à déterminer la largeur de la façade "Sud" du bâtiment. Donnez cette dimension en mètres [m]. Pour la définition de façade "Sud" reportez-vous à l'écran [15] *Orientation*].

Profondeur [m]

8.5) (Entrez un nombre) Sert à déterminer la profondeur du bâtiment. Donnez cette dimension en mètres [m].

Nombre d'étages

8.6) (Entrez un nombre) Sert à définir le nombre d'étages de votre bâtiment. Ce nombre doit être compris entre 1 et 20.

Remarque: Lorsque les trois entrées ci-dessus ont été introduite vous pourrez lire la surface brute de plancher correspondante, vous verrez également apparaître une icône représentant le genre de bâtiment correspondant à ces dimensions. L'icône dépendra du rapport entre ces dimension.

Taux de renouvellement [1/h]

8.7) (Entrez un nombre) Sert à définir le taux de renouvellement d'air du bâtiment. Cette valeur est donnée en [1/h].

Mur de façade

8.8) (Sélectionnez) Sert à définir le type de mur du bâtiment. Vous avez à choix quatre type de mur que vous pouvez sélectionner au moyen du menu déroulant. Vous avez le choix entre

- **Brique monolithique T36**
- **Mur double BKS 12/15**
- **Mur double de brique de terre cuite**
- **Façade légère ventilée en ETERNIT**

Pour plus d'informations sur ces différents murs, cliquez sur le bouton de gauche intitulé **Mur de façade**. Vous verrez alors apparaître l'écran [16] *Type de mur*

Capacité thermique du mur intérieur [kJ/K m²]
 Coefficient k [W/m² K]

(Information) Lorsqu'un des quatre murs a été sélectionné au moyen de [8.8], la valeur de la capacité thermique [kJ/K m²] et le coefficient k [W/m² K] du mur apparaissent automatiquement dans ces deux zones d'information.

Capacité thermique des dalles
 [kJ/K m²]

(Information) Lorsqu'un des quatre murs a été sélectionné au moyen de 8.8), la valeur de la capacité thermique [kJ/K m²] des dalles utilisée pour le bâtiment apparaissent automatiquement dans cette zone d'information.

Type

8.9) (Sélectionnez) Sert à définir le type de protection solaire de votre bâtiment. Au moyen de ce menu déroulant vous choisir entre les possibilités suivantes:

- **Sans protections solaires**
- **Stores extérieurs toujours baissés**
- **Stores extérieurs régulés**
- **Stores intérieurs toujours baissés**
- **Stores intérieurs régulés**

La régulation est basée sur l'intensité du rayonnement dans le plan horizontal et perpendiculaire à la façade.

Période

8.10) (Sélectionnez) Sert à déterminer la période pendant laquelle va être effectué le calcul de confort thermique. Ce menu déroulant vous donne le choix entre les trois possibilités suivantes:

- **Hivernale**
- **Estivale**
- **Entre saisons**

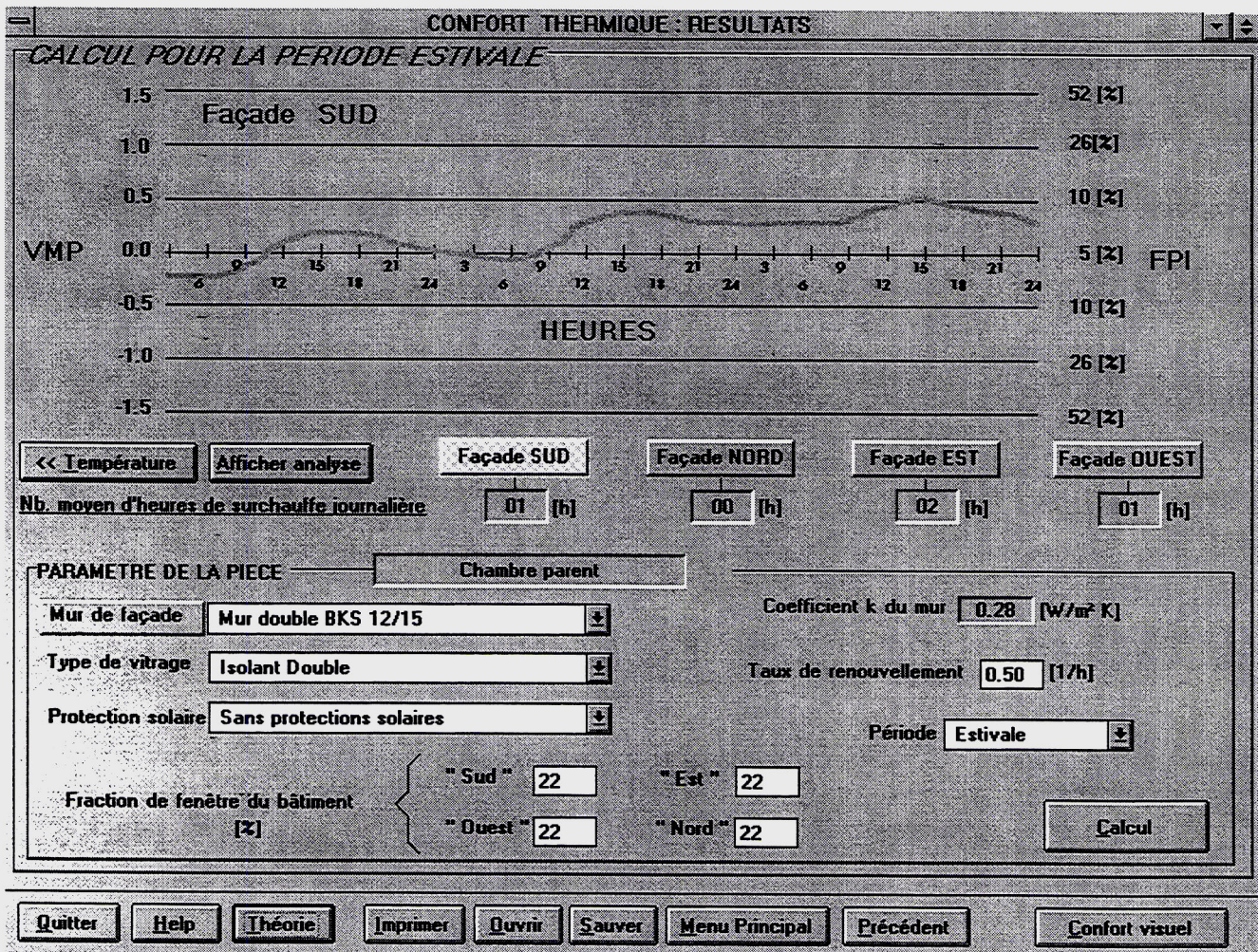
Calcul

8.11) Lorsque toutes les données ci-dessus ont été introduites, ce bouton s'active. En cliquant dessus vous lancez le calcul du confort thermique. Ce calcul étant relativement long (~ 45 secondes), un petit papillon apparaît à l'écran pour que vous ne vous inquiétez pas...

A la fin de ce calcul, l'écran [= > 9) *Confort thermique : Résultats*] apparaît automatiquement.

§9) CONFORT THERMIQUE : RESULTATS

(Depuis 8.11)



Cet écran affiche une partie des résultats du calcul du confort thermique de la pièce que vous avez défini dans l'écran précédent [8) *Confort thermique : le Bâtiment*]. Le reste des résultats sont obtenus en cliquant sur le bouton <<TEMPERATURES [9.7)].

La partie supérieure de l'écran est composée d'un graphique qui représente le vote moyen prévisible (VMP) sur l'ordonnée de gauche et la fraction prévisible d'insatisfaits (FPI) sur l'ordonnée de droite, en fonction de l'heure. Ces heures correspondent à trois jours de la période de calcul (estivale, hivernale ou entre saison) que vous aviez défini dans l'écran précédent [8) *Confort thermique: le bâtiment*], période de calcul que vous retrouver en-bas à droite de cet écran.

Le VMP et la FPI sont en hypertexte; ainsi le fait de cliquer sur l'un de ces mots vous enverra automatiquement dans le module de connaissance en physique du bâtiment à la page correspondant au mot cliqué.

Ce graphique représente le VMP et la FPI pour votre pièce dont la fenêtre est orienté dans une direction donnée. En fait, vous pouvez connaître le résultats du calcul de confort thermique pour les quatre directions principales: Sud, Ouest, Nord et Est. Chaque orientation correspond à la pièce que vous avez défini et dont la fenêtre donne sur l'une de ces quatre orientation. Par défaut la première orientation qui apparaît dans cet écran est le sud. Vous pouvez sélectionner n'importe quelle direction au moyen des boutons ci-dessous



9.1) (Cliquez 1 X) Affiche sur le graphique la valeur du VMP et de la FPI pour votre pièce dont la fenêtre donne plein Sud.



9.2) (Cliquez 1 X) Affiche sur le graphique la valeur du VMP et de la FPI pour votre pièce dont la fenêtre donne plein Nord.

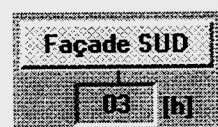


9.3) (Cliquez 1 X) Affiche sur le graphique la valeur du VMP et de la FPI pour votre pièce dont la fenêtre donne plein Est.



9.4) (Cliquez 1 X) Affiche sur le graphique la valeur du VMP et de la FPI pour votre pièce dont la fenêtre donne plein Ouest.

Le bouton cliqué (**9.1**) à (**9.4**)) change de couleur pour vous rappelez à quelle orientation correspond la courbe à l'écran.



9.5) Sous chacun de ces quatre boutons (**9.1**) à (**9.4**)) vous pouvez lire le nombre moyen d'heures par jour (pour cette orientation) durant lesquelles il y un problème de surchauffe, c'est-à-dire dont la FPI dépasse 10 %.

En dessous de ces quatre valeurs vous trouvez les deux boutons suivants



9.6) (Cliquez 1 X) Affiche une analyse de la qualité de la pièce que vous venez de calculer. Ce texte comprend également certains termes en hypertexte. En leurs cliquant dessus, vous serez directement envoyé dans le module de connaissance de physique du bâtiment, à la page correspondant au mot cliqué. Après avoir pris connaissance de cette analyse, vous pouvez l'effacer en cliquant sur le bouton **Effacer analyse**, qui a remplacé le bouton **Afficher analyse** ci-dessus [**9.6**].



9.7) (Cliquez 1 X) Affiche un nouvel écran [= > 10) *Confort thermique: les températures*] qui vous permet de connaître l'évolution des sept températures suivantes

- Température de l'air extérieur
- Température de l'air intérieur de la pièce
- Température de la surface intérieur du mur de façade
- Température de la surface extérieur du mur de façade
- Température de la surface intérieur du vitrage
- Température du plafond
- Température du plancher sol

Ces températures peuvent être affichées pour les quatre orientation différente de la pièce (Sud, Nord, Est et Ouest).

Dans l'encadré intitulé *Paramètres de la pièce*, vous trouvez l'ensembles des valeurs que vous aviez défini dans l'écran précédent [8) *Confort thermique : le Bâtiment*]. Ces valeurs correspondent aux entrées 8.3) à 8.10).

Vous pouvez modifier ces paramètres et calculer le confort thermique de cette nouvelle variante en cliquant sur la bouton **CALCUL** [9.8)] ci-dessous.



9.8) (Cliquez 1 X) Relance le calcul du confort thermique pour la pièce dont les paramètres sont à l'écran.

Après quelques secondes de patience (en compagnie du papillon) les résultats sont affichés sur ce même écran. Par conséquence, si vous désirez conserver une variante vous devez la sauver avant de modifier les paramètres de la pièce.

CONFORT VISUEL

Vous avez la possibilité de passer au calcul du confort visuel en cliquant sur le bouton suivant



9.10) (Cliquez 1 X) Permet de passez au calcul du confort visuel en passant par l'écran [11) *Confort visuel: les paramètres*].

GESTION DES DONNEES

Finalement, il est possible de sauvegarder les données ou de charger des données sauvegardées avec les boutons (**SAUVER** et **OUVRIR**). La sauvgarde des données concerne l'ensemble des variables qui sont à l'écran. Donc après chaque calcul, vous devez sauver les résultats avant de modifier les variables pour calculer une nouvelle variante. Le fichier sauvgardé aura une extension **.bma**.

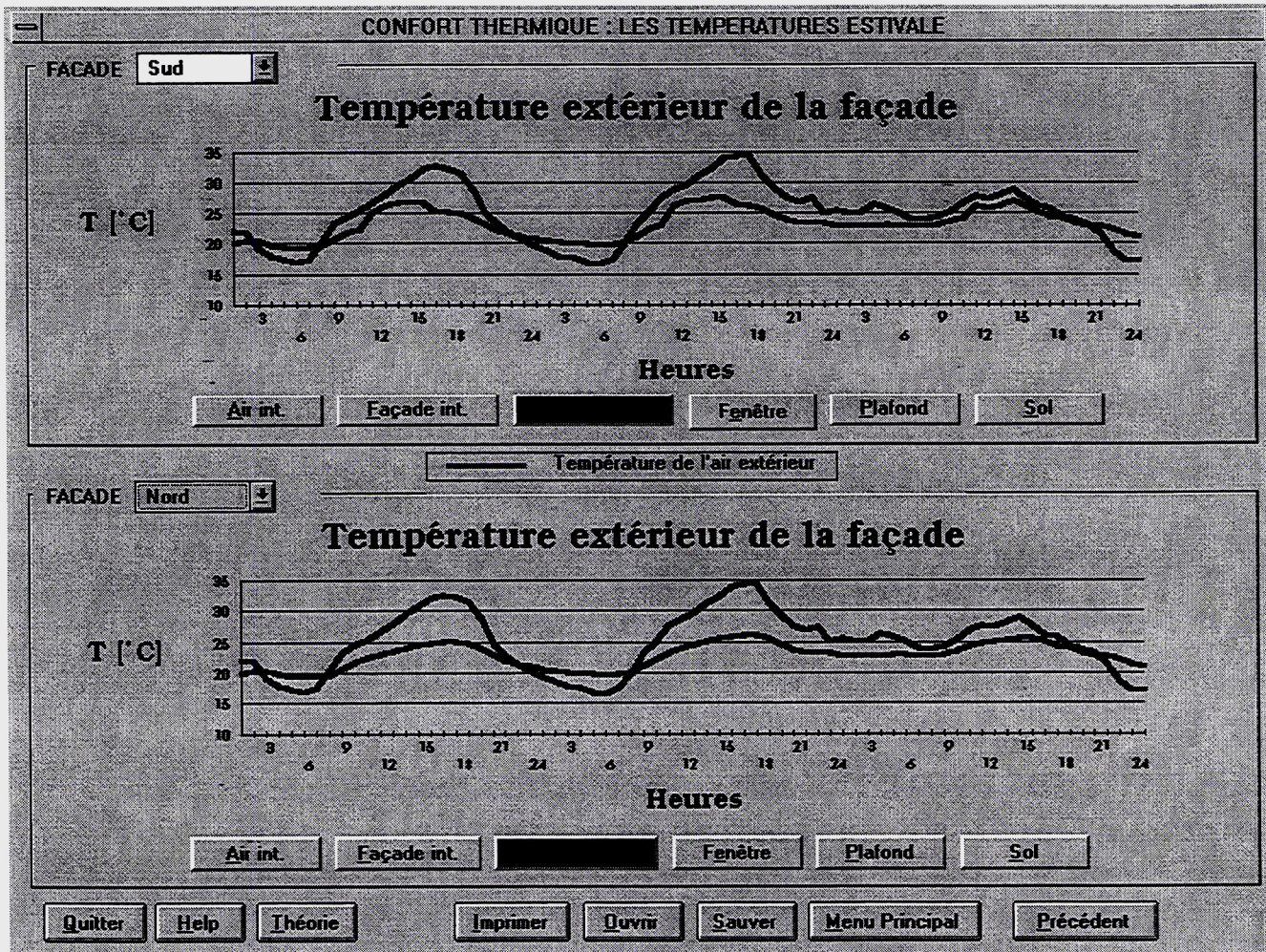
La sauvegarde est faite uniquement pour les variables et non pas pour les résultats (sinon le fichier serait trop gros). Par conséquent, si vous ouvrez un fichier contenant des variables pour le confort thermique, vous verrez apparaître l'écran [8) *Confort thermique : le Bâtiment*]. Vous n'avez qu'à appuyer sur le bouton **CALCUL [8.11)]** pour retrouver les résultats correspondants.

Il est également possible d'imprimer ces données en cliquant sur le bouton (**IMPRIMER**). Cette action aura pour effet d'ouvrir une fenêtre dans laquelle apparaîtront les données imprimables :

- Les graphiques (apports thermiques et pertes thermiques): 1ère page
- Les variables des différentes variantes: 2ème page
- Texte de l'analyse experte des différentes variantes: pages suivantes.

L'impression de ces données se fait en cliquant sur le bouton **IMPRESSION**.

§10) CONFORT THERMIQUE : LES TEMPERATURES (Depuis 9.8))



Cet écran permet de visualiser l'évolution des températures caractérisant la pièce que vous avez calculé à l'écran précédent [9) *Confort thermique : résultats*] en fonction de l'heure. Ces heures correspondent à trois jours de la période de calcul (estivale, hivernale ou entre saison) que vous aviez également défini précédemment.

L'écran présente deux graphiques avec les mêmes fonctionnalités afin de pouvoir comparer deux températures différentes. Lorsque vous choisissez une température, le graphique affiche également l'évolution de la température extérieure (le trait noir).







Ces différentes températures peuvent être obtenues pour les quatre directions (Sud, Nord, Est et Ouest). Il vous faut donc préciser l'orientation de la façade contenant la fenêtre au moyen du menu déroulant suivant.



10.1) (Sélectionnez) Sert à choisir l'orientation de la façade portant la fenêtre de la pièce étudiée.

Ensuite, vous devez sélectionner la température qui vous intéresse. Il suffit de cliquer sur le bouton dont le nom correspond à la température désirée.

Ces températures sont les suivantes

| | | |
|---|----------------------------|--|
|  | 10.2) (Cliquez 1 X) | Température de l'air intérieur de la pièce |
|  | 10.3) (Cliquez 1 X) | Température de la surface intérieur du mur de façade |
|  | 10.4) (Cliquez 1 X) | Température de la surface extérieur du mur de façade |
|  | 10.5) (Cliquez 1 X) | Température de la surface intérieur du vitrage |
|  | 10.6) (Cliquez 1 X) | Température du plafond |
|  | 10.7) (Cliquez 1 X) | Température du plancher sol |

Lorsque vous cliquez sur un de ces boutons, celui-ci change de couleur et automatiquement, la courbe correspondante (dont la couleur est la même que la couleur du bouton cliqué) s'affiche sur le graphique.

§11) CONFORT VISUEL : LES PARAMETRES

(Depuis 7.5)

CONFORT VISUEL

Fenêtre A =
2.00 m x 1.40 m

3.20 m 4.00 m

Mur 1 Mur 2 Mur 3 Mur 4

A

FACTEUR DE REFLEXION

| | | | |
|-------|----------------------------------|---------|----------------------------------|
| Mur 1 | <input type="text" value="0.5"/> | Mur 2 | <input type="text" value="0.5"/> |
| Mur 3 | <input type="text" value="0.5"/> | Mur 4 | <input type="text" value="0.5"/> |
| Sol | <input type="text" value="0.3"/> | Plafond | <input type="text" value="0.7"/> |

Chambre parent

ANGLE

Hauteur de ciel visible depuis le centre du vitrage [°]

Calcul

Cet écran vous permet de rentrer les derniers paramètres nécessaires au calcul du confort visuel. Lorsque ces paramètres sont rentrés, le bouton **CALCUL** devient actif.

Vous trouvez en haut à gauche l'image de la pièce que vous aviez sélectionné dans l'écran précédent [7] *Confort thermique et visuel : vitrage*], ainsi que sa dénomination.

A gauche de cette image, vous trouvez les 6 coefficients de réflexion correspondant aux quatre murs, au sol et au plafond. Les valeurs affichées sont données par défaut. Vous pouvez néanmoins les modifier. Ces coefficients doivent être compris entre [0,1]. La numérotation des quatre murs suit la numérotation définie sur l'image.

Mur 1

11.1) (Entrez un valeur) Introduisez le coefficient de réflexion du mur comportant la fenêtre.

Mur 2

11.2) (Entrez un valeur) Introduisez le coefficient de réflexion du mur directement à droite de la fenêtre (en regardant vers l'extérieur).

Mur 3

11.3) (Entrez un valeur) Introduisez le coefficient de réflexion du mur opposé à la fenêtre.

Introduisez le coefficient de réflexion du mur

Mur 4

11.4) (Entrez un valeur) Introduisez le coefficient de réflexion du mur opposé au mur 2.

Introduisez le coefficient de réflexion du mur

Sol

11.5) (Entrez un valeur) Introduisez le coefficient de réflexion du sol de la pièce.

Introduisez le coefficient de réflexion du sol de la

Plafond

11.6) (Entrez un valeur) Introduisez le coefficient de réflexion du plafond de la pièce.

Introduisez le coefficient de réflexion du plafond de

Hauteur de ciel visible depuis le centre du vitrage [°]

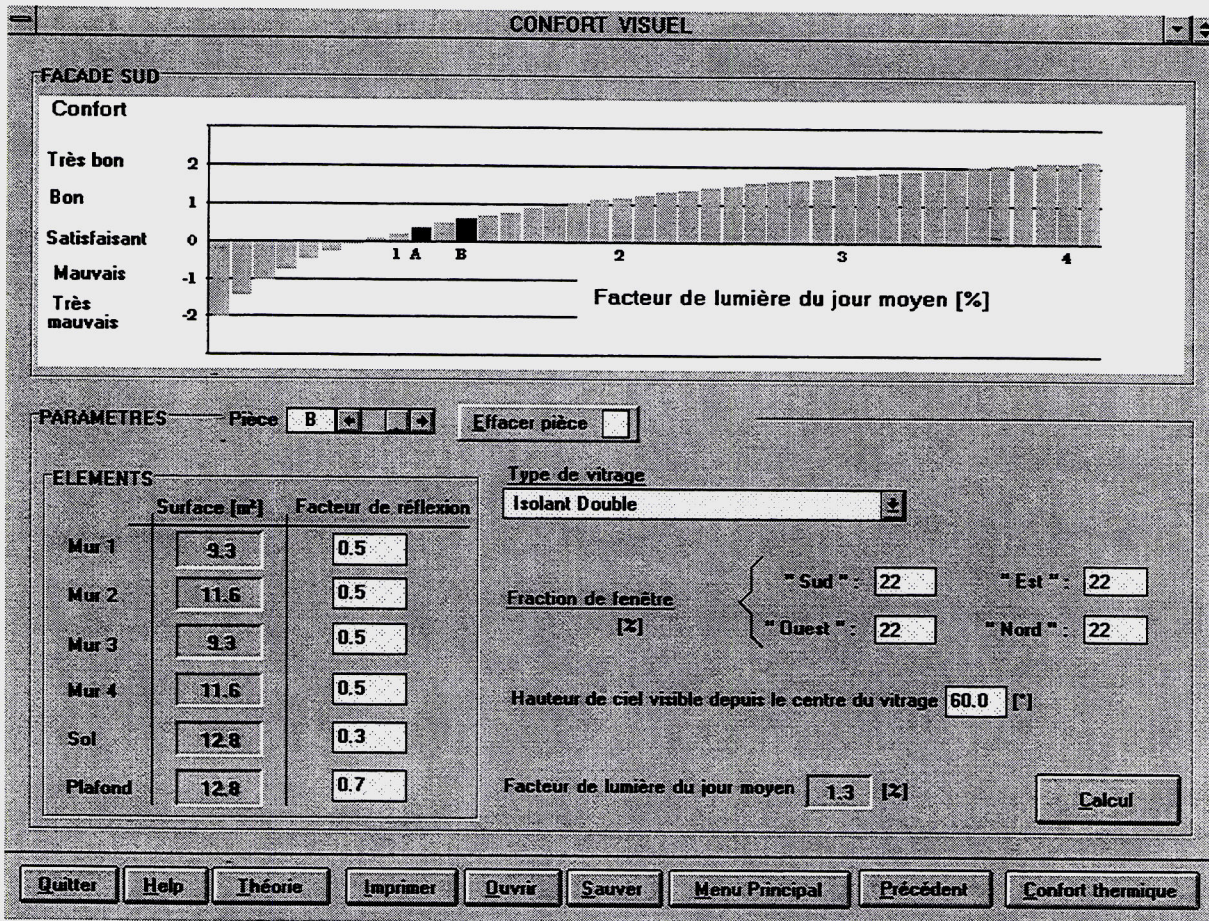
11.7) (Entrez un valeur) Introduisez la hauteur du ciel visible depuis le centre du vitrage. Cet angle doit être donné en degré [°]. Il correspond à l'angle maximal (dans un plan vertical et perpendiculaire à la fenêtre) avec lequel vous pouvez voir le ciel.

Calcul

11.8) (Cliquez 1 X) Ce bouton lance le calcul du confort visuel. Vous passez alors automatiquement à la fenêtre suivante [=> 12) *Confort visuel :Résultats*]

§12) CONFORT VISUEL : RESULTATS.

(Depuis 11.8)



Cet écran visualise les résultats du calcul du confort visuel de votre pièce. La partie supérieure de l'écran comporte un graphique représentant le confort en fonction du facteur de lumière du jour moyen (FLJm). Ce FLJm est donné en pourcentage [%] et le confort est basé sur une échelle allant de -2 à 2, avec les correspondances suivantes.

| | CONFORT |
|--------------|---------|
| Très bon | 2 |
| Bon | 1 |
| Satisfaisant | 0 |
| Mauvais | -1 |
| Très mauvais | -2 |

La pièce dont vous venez de calculer le confort visuel, est représentée sur le graphique par la barre colorée (violette), repérée par la lettre A.

Dans la partie inférieure de l'écran, vous retrouvez les paramètres que vous avez introduit pour le calcul.

Vous trouvez également la valeur du FLJm de la pièce tout au bas de l'écran dans la zone d'information suivante

Facteur de lumière du jour moyen 1.3 [X]

12.1) (Information) Donne la valeur du facteur de lumière du jour moyen (FLJm) de la pièce dont les paramètres sont à l'écran. Cette valeur est donnée en %.

NOUVELLE VARIANTE

Vous pouvez visualiser sur cet écran jusqu'à six variantes. Il vous suffit de modifier un ou plusieurs paramètres et de calculer le confort visuel de cette nouvelle variante en cliquant sur le bouton **CALCUL** [12.2)]. Le résultat apparaîtra sur le graphique en-dessus de la lettre **B**. Et ainsi de suite pour les autres variantes.

Calcul

12.2) (Cliquez 1 X) Lance le calcul du confort visuel avec les paramètres qui sont à l'écran. Le résultat apparaît sur le graphique sous la forme d'une nouvelle barre colorée repérée par une lettre (ordre alphabétique). Chaque nouveau calcul engendrera une nouvelle barre colorée. Vous pouvez effectuer jusqu'à 6 variantes.

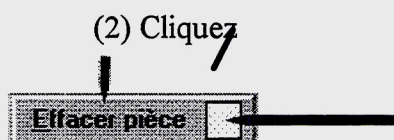
Les paramètres que vous avez à l'écran correspondent à la variante dont la lettre se trouve dans la zone suivante

Pièce B ← [] [] [] [] →

12.3) (Information) Indique la variante (barre colorée) du graphique qui correspond aux paramètres à l'écran. Pour connaître les paramètres d'une autre variante cliquez sur les flèches pour indiquer la variante qui vous intéresse; c'est-à-dire affiche la lettre correspondant à la colonne du graphique dont vous voulez retrouver les paramètres utilisés lors de son calcul. Automatiquement, les paramètres correspondants à la variante choisie seront affichés.

Étant donné que vous êtes limité à 6 variantes, il peut vous arriver de vouloir effacer une variante. Indiquez la lettre correspondant à la variante à effacer (1) comme indiqué ci-dessous

EFFACER UNE VARIANTE



(1) Introduisez la lettre correspondant à la variante à effacer.
(Cliquez dans cette zone et tapez au clavier la lettre voulue)

12.4) (Introduisez une lettre et cliquez) Après avoir introduit la lettre de la variante à effacer, cliquez sur le bouton *Effacer pièce*. Un message de confirmation apparaît alors. Si vous confirmez (en cliquant sur le bouton Oui) la variante s'effacera. C'est-à-dire que les paramètres correspondants à cette variante seront perdus et la barre colorée disparaîtra du graphique (avec réarrangement des lettres pour les variantes restantes).

CONFORT THERMIQUE



12.5) (Cliquez 1 X) Permet de passer au calcul du confort thermique en passant par l'écran [8] *Confort thermique: le bâtiment*].

GESTION DES DONNEES

Finalement, il est possible de sauvegarder ces variantes ou de charger des variantes sauvegardées avec les boutons (**SAUVER** et **OUVRIER**). La sauvgarde des données concerne l'ensemble des différentes variantes qui ont été calculé dans ce écran et pas seulement la variante dont les variables sont à l'écran. Le fichier sauvgardé aura une extension **.bma**.

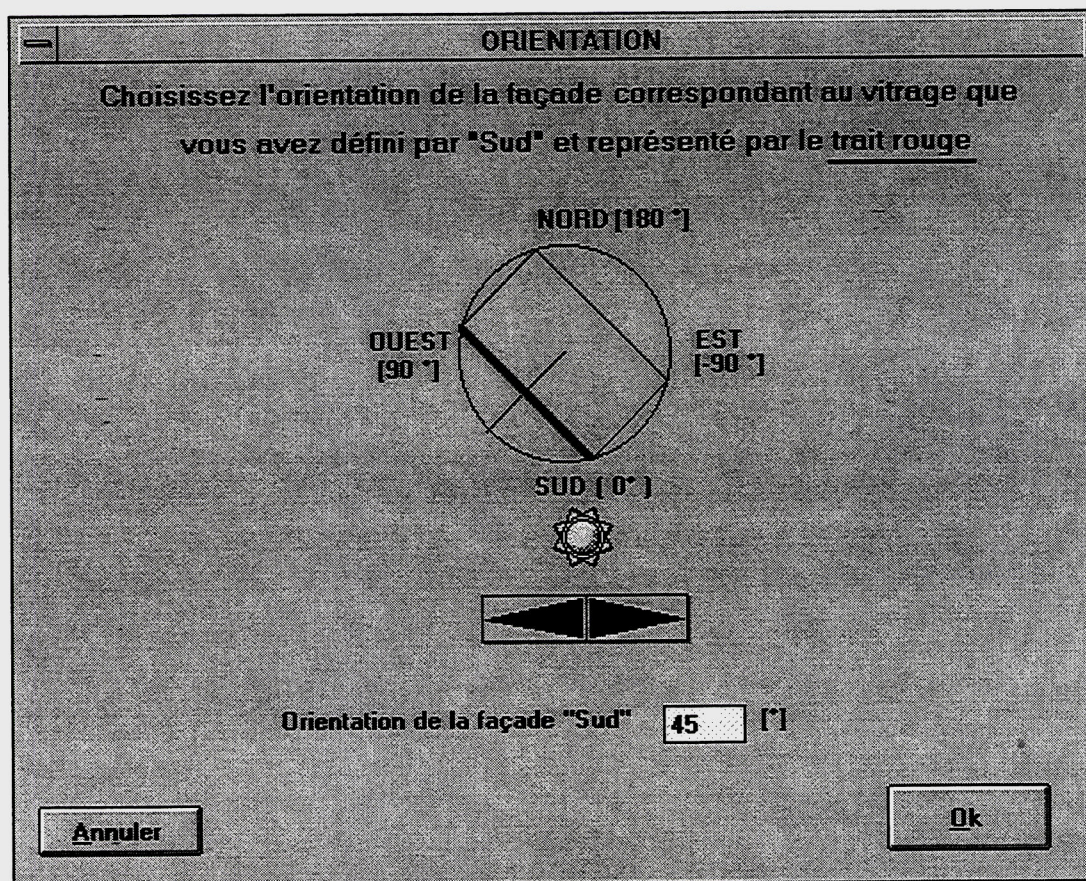
Il est également possible d'imprimer ces données en cliquant sur le bouton (**IMPRIMER**). Cette action aura pour effet d'ouvrir une fenêtre dans laquelle apparaîtront les données imprimables :

- Les graphiques (apports thermiques et pertes thermiques): 1ère page
- Les variables des différentes variantes: 2ème page
- Texte de l'analyse experte des différentes variantes: pages suivantes.

L'impression de ces données se fait en cliquant sur le bouton **IMPRESSION**.

§13) ORIENTATION

(Depuis 1.7) ou 8.2)



Cet écran est modale, c'est-à-dire que lorsque vous quitterez cet écran, vous retournerez à l'écran précédent.

Cet écran vous permet de modifier l'orientation de votre bâtiment. L'orientation d'une façade par l'angle entre la perpendiculaire à cette dernière en direction de l'extérieur du bâtiment et le Sud.

La convention suivante a été choisie dans Bat-Man

| | | |
|--------------|----|-------------|
| Sud | => | 0° |
| Nord | => | 180° |
| Ouest | => | 90° |
| Est | => | -90° |

Ainsi le Sud-Est correspond à -45°!

Dans l'exemple ci-dessus, le bâtiment est inscrit dans un cercle. La façade "Sud" est dessinée en rouge (triat gras) et son orientation vaut + 45°, c'est-à-dire Sud-Est.

La première chose à faire est donc de choisir la façade appelée *façade "Sud"*. La logique veut que cette façade choisie soit celle qui est la plus proche de plein Sud (0°). Cette façade définira la longueur du bâtiment. Tous les termes "Sud" se rapporteront à cette façade.

Ensuite de quoi, il faut indiquer la direction de cette *façade "Sud"*.

L'orientation de cette façade peut être donnée de deux manières différentes.



13.1) (Cliquez à volonté) En cliquant sur la flèche de gauche vous déplacerez l'orientation du bâtiment dans le sens des aiguilles d'une montre. En cliquant sur la flèche de droite vous déplacerez l'orientation du bâtiment dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. La représentation du bâtiment est automatiquement modifiée dès que vous relâchez le bouton. La valeur de l'orientation de la *façade "Sud"* vous est donnée directement par [13.2)].



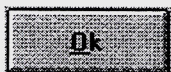
13.2) (Entrez un nombre ou lecture) Vous entrez l'orientation de la *façade "Sud"*. Cette valeur est donnée en degrés et suit la convention ci-dessus.

Vous pouvez modifier cette valeur en changeant la valeur indiquée dans la zone d'entrée. Cela aura pour effet de modifier automatiquement l'orientation de la représentation du bâtiment.

Pour retourner à l'écran précédent (pour continuer), vous avez les deux possibilités ci-dessous



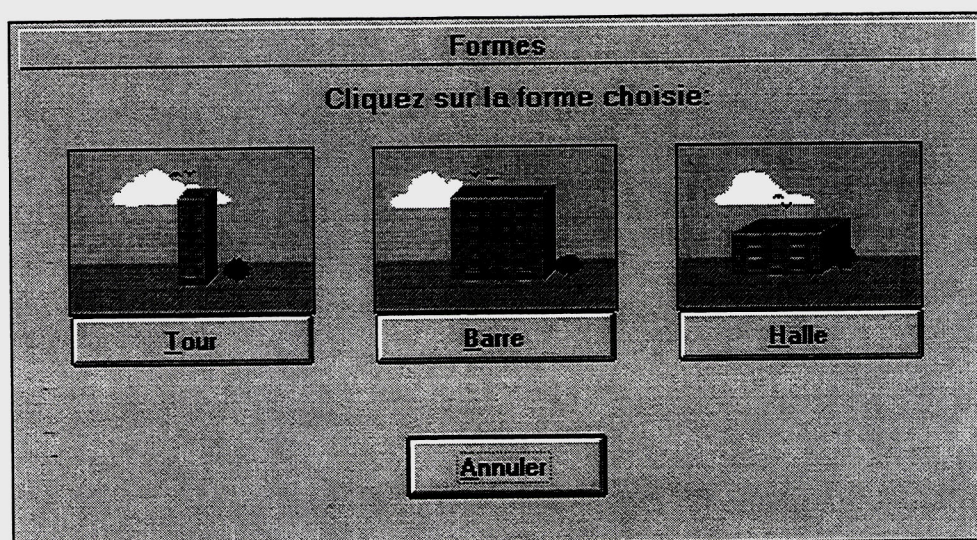
13.3) (Cliquez 1 X) Efface cette écran et vous renvoie à l'écran en arrière fond. Cette manière de procéder ne conserve pas l'orientation que vous avez choisi sur cet écran!



13.4) (Cliquez 1 X) Efface cette écran et vous renvoie à l'écran en arrière fond. Cette manière de procéder conserve l'orientation que vous avez choisi sur cet écran et par conséquence modifie la valeur de l'orientation de l'écran précédant.

§14) FORMES

(Depuis 4.1)



Cet écran vous donne trois exemples de bâtiment dont les caractéristiques sont prédéfinies. Chaque boutons défini les valeurs suivantes.

| | Tour | Barre | Halle |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 14.1) Cliquez 1X | 14.2) Cliquez 1X | 14.3) Cliquez 1X |
| Profondeur [m] | 20 | 12 | 16 |
| Largeur [m] | 34 | 80 | 20 |
| Nb. d'étages | 20 | 12 | 4 |
| Surface de plancher [m ²] | 13'600 | 11'520 | 12'800 |
| Orientation [°] | 0 | 0 | 0 |
| % de fenêtre au Sud | 50 | 65 | 65 |
| % de fenêtre à l'Est | 50 | 50 | 50 |
| % de fenêtre au Nord | 50 | 30 | 30 |
| % de fenêtre à l'Ouest | 50 | 50 | 50 |
| Vitrage | Vitrage Double | Vitrage Double | Vitrage Double |
| k du toit [W/m ² K] | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| k des façades [W/m ² K] | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| k des fondations [W/m ² K] | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

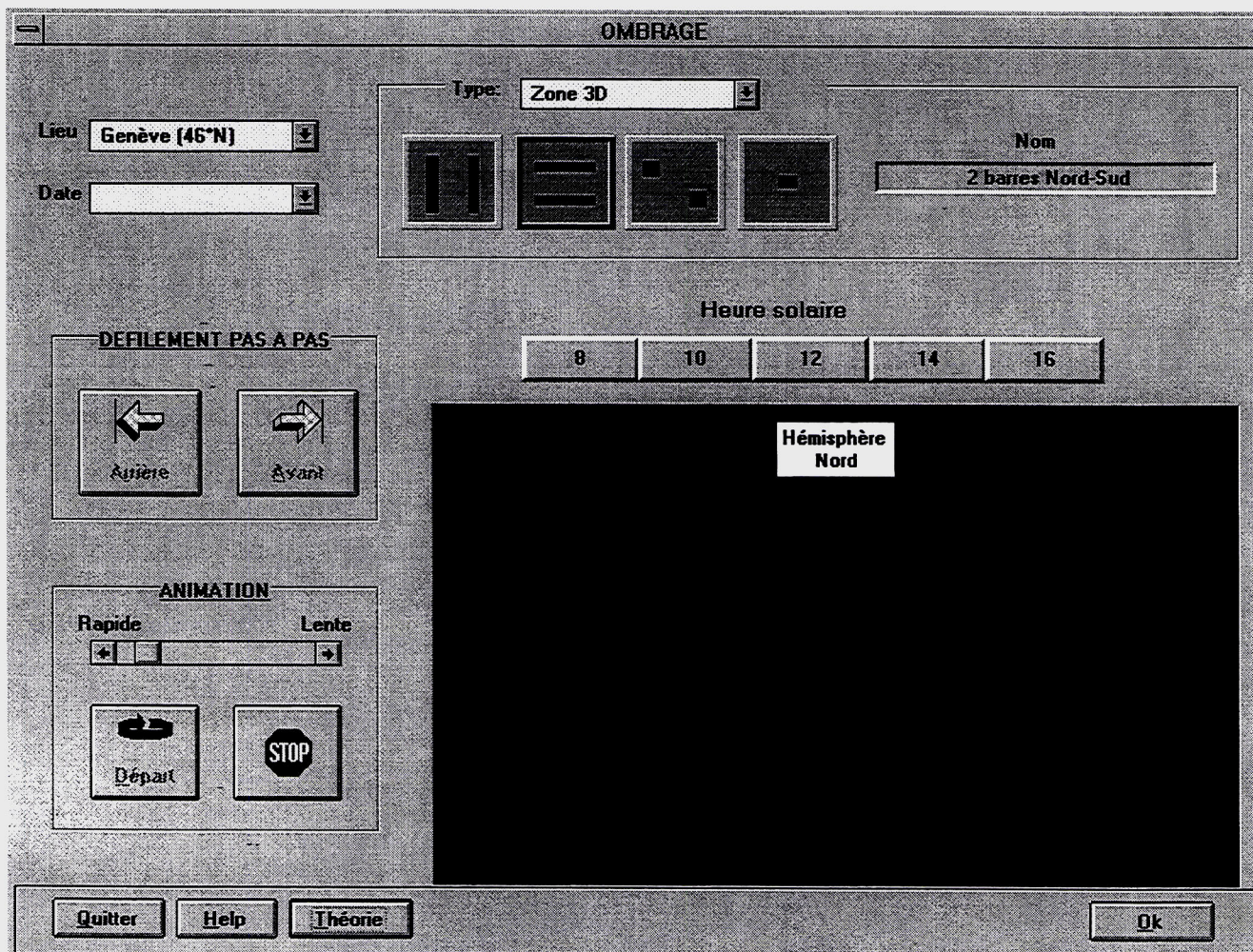
Pour sélectionner un de ces trois bâtiments, cliquez soit sur son image soit sur le bouton portant le nom du bâtiment qui vous intéresse. En procédant de la sorte les caractéristiques du bâtiment choisi sont automatiquement introduites dans l'écran précédent (en arrière plan). Suite de quoi la fenêtre ci-dessus disparaît.



14.1) (Cliquez 1 X) Retourne à l'écran précédent sans entrer de valeurs par défaut.

§15) OMBRAGE

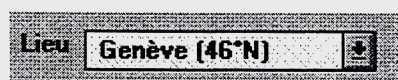
(Depuis 3.10)



Cet écran vous permet de visualiser les implantations à différentes heures de la journée et pour différentes dates de l'année. Ces vues sont toutes obtenus depuis le soleil et l'échelle est respectée.

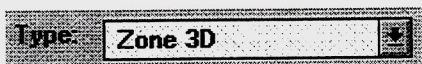
Cette fenêtre affiche par défaut la zone et l'implantation choisi précédemment [dans l'écran 3) *Implantation: étude paramétrique*]. Seul restriction, les implantations *La cour* et *2 barres Nord-Sud + 3 villas locatives* ne sont pas accessibles ici.

Pour obtenir une image, vous devez sélectionner le lieu [15.1)], la zone [15.2)], l'implantation [15.3)] et la date [15.4)] qui vous intéresse. Par défaut, ces valeurs correspondes aux paramètres tirés de l'écran précédent [3) *Implantation: résultats*].



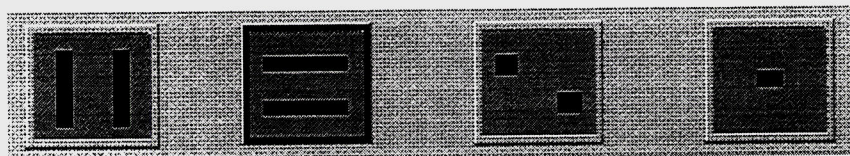
15.1) (Sélectionnez) Choisissez la localité dans laquelle vous voulez étudier une implantation. Pour l'instant, seul *Genève* est possible.

Pour une localité donnée, BAT-MAN permet de choisir une implantation parmi différents type de zone, qui dépendent de la localité choisie précédemment. Vous devez donc sélectionner le type de zone de l'implantation.



15.2) (Sélectionnez) Choisissez le type de zone qui vous intéresse.

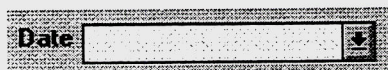
Dès que vous avez sélectionné une de ces zones, quatre icône apparaissent sous le nom de la zone. Ces icônes représentent une vue en plan des implantations les plus courantes pour le type de zone que vous avez choisi précédemment. Vous devez sélectionner l'implantation qui vous intéresse de la manière suivante.



15.3) (Sélectionnez) Ces icônes représentent une vue en plan des implantations les plus courantes pour le type de zone que vous avez choisi précédemment. Par exemple, ci-contre, vous avez les quatre implantation pour la *zone 3D*.

Pour sélectionner, l'implantation qui vous intéresse, cliquez simplement sur son icône correspondante. Le cadre de cette dernière changera de couleur pour vous rappelez votre choix. Vous pouvez modifier votre choix en cliquant sur une autre implantation.

Remarque: pour cette écran traitant des ombrages, il n'est pas possible de visualiser les implantation *La cour et 2 barres Nord-Sud + 3 villas locatives*.

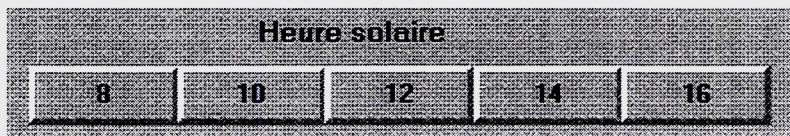


15.4) (Sélectionnez) Ce menu donne la liste des dates que vous pouvez sélectionner. Si le lieu, la zone et l'implantation ont déjà été choisi, le fait de sélectionner une date affiche automatiquement l'image correspondante.

Les dates possibles sont

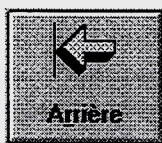
- 21 janvier
- 21 mars
- 21 mai
- 21 juillet
- 21 septembre
- 21 novembre

Lorsque le lieu, la zone, l'implantation et la date ont été choisis, une image 3D correspondant à ce cas s'affiche. Par défaut l'image est donnée pour 8 heures solaire! (A midi solaire le soleil est plein Sud) Vous pouvez modifier l'heure en cliquant sur le bouton correspondant à l'heure désirée qui se trouve dans la barre ci-dessous.

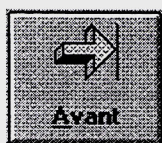


15.5) (Cliquez 1 X) Ces boutons servent à choisir l'heure (solaire) utilisé pour la visualisation d'une implantation pour une date donnée. Le bouton cliqué change automatiquement de couleur et l'image correspondante s'affichera à l'écran. Vous pouvez cliquer sur n'importe lequel de ces boutons et dans l'ordre que vous désirez.

IMAGE PAR IMAGE



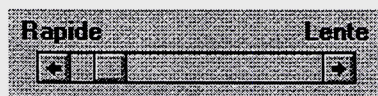
15.6) (Cliquez 1 X) Ce bouton sert à afficher les images les une après les autres en remontant dans le temps. L'heure correspondante à l'image affichée peut être déterminée en regardant le bouton coloré de [15.5)].



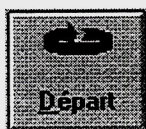
15.7) (Cliquez 1 X) Ce bouton sert à afficher les images les une après les autres en avançant dans le temps. L'heure correspondante à l'image affichée peut être déterminée en regardant le bouton coloré de [15.5)].

ANIMATION

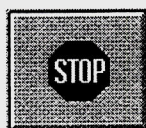
Vous pouvez également faire défiler les images. La vitesse de défilement se règle au moyen du curseur ci-dessous



15.8) (Sélectionnez) Ce curseur sert à régler la vitesse de défilement des images. En cliquant sur la flèche de gauche, vous augmenterez la vitesse de défilement, alors qu'en cliquant sur la flèche de droite vous la diminuerez.



15.9) (Cliquez 1 X) Ce bouton sert à démarrer le défilement des images.



15.10) (Cliquez 1 X) Ce bouton sert à stopper le défilement des images.



15.11) (Cliquez 1 X) Ce bouton vous fait retourner à l'écran précédent [= > 3) *Implantation: étude paramétrique*].

REMARQUE:

les deux flèches qui se trouvent sur le sol des implantation d'une image sont là pour vous indiquer la direction du Nord sur l'image.

§16) TYPE DE MUR

(Depuis 8.8)

TYPE DE MUR

MURS

1.5 36 1

Crépi

Brique monolithique T36

12 15 1

Vide d'air 2

12.5 15 1.5 1

Mur double de brique de terre cuite

140 1 15 1 100 1 5 18 1

Vide d'air

Pélichrom

Facade légère ventilée en ETERNIT

Les mesures sont données en [cm] et l'isolation fait toujours 8 [cm]

Capacité thermique du mur intérieur [J/K] Coefficient k [W/m² K]

Cet écran permet de connaître plus précisément la composition et les performances thermiques des quatre murs qui peuvent être sélectionner pour le calcul du confort thermique. Ces murs sont parmi les plus courants dans la construction. Pour chacun de ces murs, vous avez une vue en coupe du mur. En sélectionnant le mur qui vous intéresse (en cliquant sur le bouton au dessous de l'image), vous pourrez lire les deux informations suivantes

Capacité thermique du mur intérieur [J/K]

16.1) (Information) Donne la capacité thermique du mur intérieur en [J/K]. Pour le mur T36, ce valeur corresspond à la capacité du demi mur.

Coefficient k [W/m² K]

16.2) (Information) Donne le coefficient k dur mur en [W/m² K].

Si vous aviez déjà sélectionné un mur au moyen du menu déroulant [8.8] de l'écran précédant [8] *Confort thermique : le bâtiment*, ce mur apparaîtra sélectionné par défaut lors de l'ouverture de cet écran.

Vous avez deux moyen de quitter cet écran soit en cliquant sur le bouton suivant



16.3) (Cliquez 1 X) Retourne à l'écran précédent [8] *Confort thermique : le bâtiment*, sans tenir compte du mur sélectionné sur l'écran actuel. C'est-à-dire que le menu déroulant concernant le mur de façade ne sera pas modifié dans l'écran précédent.

soit en cliquant sur



16.4) (Cliquez 1 X) Retourne à l'écran précédent [8] *Confort thermique : le bâtiment*, en tenant compte du mur sélectionné sur l'écran actuel. C'est-à-dire que le menu déroulant concernant le mur de façade sera modifié dans l'écran précédent.

§17) LOCALITES

Une certain nombre de localité peuvent être sélectionnés par l'utilisateur afin de définir la météo du lieu considéré. Vous trouvez ci-dessous la liste de ces localités ainsi que leur caractéristiques

- Altdorf
- Badragaz
- Bâle
- Berne
- Coire
- Davos
- Genève
- La Chaux-de-fond
- Lausanne
- Lugano
- Lucerne
- Montreux
- Neuchâtel
- Schaffouse
- Sion
- St-Gall
- Zurich

§18) TYPE DE VITRAGE

Différents type de vitrages peuvent être sélectionné par l'utilisateur avec les menus déroulant.

Vous trouverez ci-dessous la liste de ces vitrages ainsi que leurs performances

| VITRAGE | kie [W/m ² K] | kii [W/m ² K] | Gp | Gg | FR | Tlum |
|--|--------------------------|--------------------------|------|------|------|------|
| Vitrage Simple | 5.90 | 4.40 | 0.84 | 0.82 | 0.07 | 0.90 |
| Vitrage Simple Sélectif Pyrolytique | 4.50 | 3.60 | 0.69 | 0.66 | 0.10 | 0.73 |
| Vitrage Isolant Double | 3.10 | 2.60 | 0.76 | 0.70 | 0.14 | 0.81 |
| Vitrage Isolant Double Pyrolytique | 1.60 | 1.45 | 0.70 | 0.64 | 0.16 | 0.68 |
| Vitrage Isolant Double Sélectif Catho. | 1.60 | 1.45 | 0.67 | 0.62 | 0.21 | 0.78 |
| Vitrage Isolant Triple | 2.10 | 1.90 | 0.68 | 0.60 | 0.18 | 0.74 |
| Vitrage Isolant Triple Sélectif Pyroly. | 1.40 | 1.30 | 0.62 | 0.55 | 0.20 | 0.62 |
| Vitrage Isolant Triple Cathodique | 1.40 | 1.30 | 0.60 | 0.53 | 0.23 | 0.71 |
| Vitrage Isolant Triple à 2 filtres Pyroly. | 1.10 | 1.00 | 0.58 | 0.52 | 0.29 | 0.59 |
| Vitrage Isolant Triple à 2 filtres Catho. | 1.10 | 1.00 | 0.55 | 0.49 | 0.37 | 0.68 |

avec

kie: valeur k entre un espace intérieur et un espace extérieur [W/m² K]

kii: valeur k entre deux espaces intérieurs [W/m² K]

Gp: Transmission énergétique globale perpendiculaire [-]

Gg: Transmission énergétique globale [-]. Moyenné pour les angles d'incidence compris entre 0° et 60°.

FR: Fraction réfléchie perpendiculaire [-]

Tlum: Transmission lumineuse perpendiculaire [-].

ANNEXE C : PROPOSITIONS D'UTILISATION DU PROGRAMME PAR L'ENSEIGNANT

Nous donnons ici quelques exemples de la façon dont l'enseignant peut utiliser le programme BATMAN. Ces exemples n'ont aucune prétention d'exhaustivité, et il est évidemment conseillé à l'enseignant d'élaborer des problèmes propres, afin d'assurer une meilleure adaptation aux connaissances des étudiants.

On pourrait également se demander pourquoi un tel paragraphe. De façon générale, l'utilisation d'un programme d'EAO dans le cadre d'un cours peut être vue de plusieurs manières bien distinctes (en ne considérant que les modes d'utilisation pour lesquels l'étudiant doit lui-même mettre en oeuvre le programme d'EAO):

(1) l'enseignant met à disposition des étudiants le programme d'EAO, et les laisse en tirer le maximum par eux-mêmes, par exemple en fonction d'un projet dans lequel ils doivent faire appel à des connaissances en physique du bâtiment pour parvenir à un résultat acceptable;

(2) l'enseignant pose aux étudiants une série de problèmes auxquels les étudiants doivent trouver une réponse correcte, et si possible optimale. Pour cela, l'enseignant doit élaborer des problèmes qui permettent aux étudiants, à travers leur résolution, d'apprendre le mieux possible les notions du domaine.

Pour nous, la meilleure manière d'utiliser un programme d'EAO comme BATMAN nous semble être, dans un premier temps, de laisser aux étudiants un moment pour se familiariser avec le programme, et dans un second temps les mettre en face de problèmes réalistes. Axer l'utilisation du programme sur des problèmes à résoudre nous semble le plus adéquat, car cette manière de faire évite la dispersion, surtout en tenant compte du temps limité que les étudiants architectes ont à disposition pour acquérir des notions de physique du bâtiment, et le fréquent manque de motivation pour cette acquisition, qu'ils considèrent souvent comme peu utile.

C'est la raison pour laquelle nous avons élaboré quelques exemples de problèmes à poser aux étudiants, afin de montrer la direction que nous proposons.

Problème 1: effet de l'implantation (module "implantation")

Comparer les quatre implantations suivantes sur une parcelle identique, en zone 3D à Genève:

- 2 barres est-ouest (c'est-à-dire dont les façades principales sont tournées vers l'est et l'ouest);
- 2 barres nord-sud;
- 2 blocs;
- 1 tour.

Prendre les valeurs par défaut pour les surfaces de fenêtres (pour les deux premiers cas: sud 65 %, est/ouest 50 %, nord 30 %; pour les deux derniers cas: toutes les façades 50 %), les valeurs limites SIA pour les caractéristiques thermiques de l'enveloppe, et un taux de renouvellement d'air nominal de 0.6 volume/heure.

Questions:

- Quelles sont les pertes dominantes ?
- Quel est le cas avec la plus faible consommation d'énergie de chauffage ? Est-ce dû aux gains solaires passifs par les fenêtres ?
- Pour quel(s) cas atteint-on la valeur cible SIA pour la demande d'énergie de chauffage ? Respecte-t-on dans tous les cas au moins la valeur limite SIA ?
- Pourquoi les pertes par renouvellement d'air sont-elles plus importantes dans le cas de la tour ? (indication: les infiltrations dépendent de la vitesse du vent...)

Problème 2: effet de l'ombrage (module "implantation")

Comparer les deux premières variantes d'implantation du problème 3.1 (2 barres est-ouest et 2 barres nord-sud), avec les mêmes caractéristiques, du point de vue de l'ombrage. Dans le problème 3.1, on ne tenait pas compte de l'ombrage réciproque entre les deux bâtiments.

Questions:

- Afficher graphiquement l'ombrage en fonction de l'heure, pour les 6 jours de l'année disponibles, et estimer la fraction d'ombrage résultante, pour chacune des deux variantes considérées.
- Refaire le calcul du bilan énergétique en tenant compte de l'ombrage. Le résultat est-il différent de celui du problème 1 ? (NB: réponse à cette question pas encore possible dans la version actuelle provisoire de BATMAN !)

Problème 3: effet de la forme d'un bâtiment (module "bâtiment")

On considère deux variantes de bâtiment de surface et de hauteur identiques: une tour de 30 m x 30 m, et une barre de 15 m x 60 m (façade principale orientée vers le sud), tous deux d'une hauteur de 10 étages, et tous deux situés à Lausanne. Pour chaque variante on considère deux types de vitrage: double isolant standard et double avec couche à faible émissivité dans l'infrarouge (pyrolytique). Autres caractéristiques: valeurs limites SIA, renouvellement d'air 0.6 volume/heure, 50 % de fraction de fenêtre sur toutes les façades.

Questions:

- Lorsque l'on compare les deux formes pour un vitrage double isolant standard, laquelle est la plus favorable du point de vue de la demande d'énergie de chauffage ? Les gains solaires accrus dans le cas de la barre suffisent-ils à compenser les pertes accrues du fait de la surface de vitrage augmentée ?
- Même question dans le cas d'un vitrage double IR pyrolytique.

**Problème 4: effet de la surface et de la qualité des vitrages
(module "bâtiment")**

On considère un bâtiment en barre de 12 m x 80 m (façade principale orientée vers le sud), d'une hauteur de 12 étages, et situé à Lausanne. Les caractéristiques (à part le vitrage) correspondent aux valeurs limites SIA, et le renouvellement d'air est égal à 0.6 volume/heure. On désire étudier l'effet de la variation de surface de fenêtre en façade sud uniquement, pour divers types de vitrage (la fraction de vitrage pour les autres façades est de 50 % à l'est et à l'ouest, et de 30 % au nord).

Questions:

- Pour un vitrage double isolant standard, faire varier la fraction de fenêtre en façade sud de 20 % à 80 % par pas de 20 %. Quelle est la valeur la plus favorable du point de vue de la demande d'énergie de chauffage ?
- Même question pour un vitrage double IR pyrolytique.
- En comparant les deux types de vitrage, avec 60 % de fraction de fenêtre en façade sud, est-il financièrement intéressant de l'équiper de vitrages double IR pyrolytiques (surcoût du vitrage double IR pyrolytique par rapport au vitrage double isolant standard: 100 Sfr/m²; coût de l'énergie: environ 0.015 Sfr/MJ) ?

Problème 5: effect de l'orientation (module "bâtiment")

On considère le même bâtiment que dans le problème 4, avec des fractions de vitrage de 60 % en façade "sud", 40 % en façades "est" et "ouest", et 20 % en façade "nord". On désire étudier l'effet de l'orientation sur le bilan énergétique, les surfaces de vitrage restant identiques.

Questions:

- Pour un vitrage double isolant standard, faire varier l'orientation de la façade "sud" entre le l'est et l'ouest, en passant par le sud (orientations vraies), par pas de 45 degrés. Quelle orientation est la plus favorable sur le plan énergétique ?
- Même question pour un vitrage double IR pyrolytique.

**Problème 6: effet du type et de l'utilisation des stores sur le confort
(module "logement")**

Pour un séjour (choisir le cas "grand séjour") situé au sud, comparer les cinq stratégies possibles d'utilisation des protections solaires par rapport au confort estival (nombre d'heures durant lesquelles la FPI dépasse 10 % du fait des surchauffes), pour un bâtiment lourd (murs type briques béton 15 cm ext / 12 cm int), muni de vitrage double isolant standard, et avec des fractions de vitrage de 50 % (façade sud), 40 % (façades est/ouest) et 30 % (façade nord).

Question: classer les stratégies par rapport au nombre d'heures de surchauffes estivales.

Problème 7: effet du coefficient de réflexion des surfaces intérieures sur le confort visuel (module "logement")

Pour le même séjour que dans le problème précédent ("grand séjour" situé au sud, vitrage double isolant standard, fraction de vitrage 50 % en façade sud, hauteur de ciel visible 90 degrés), comparer le confort visuel obtenu en considérant les situations suivantes (r est le coefficient de réflexion):

- $r(\text{sol}) = 0.1$, $r(\text{parois}) = 0.3$, $r(\text{plafond}) = 0.5$ (pièce sombre);
- $r(\text{sol}) = 0.3$, $r(\text{parois}) = 0.5$, $r(\text{plafond}) = 0.7$ (valeurs par défaut);
- $r(\text{sol}) = 0.5$, $r(\text{parois}) = 0.7$, $r(\text{plafond}) = 0.8$ (pièce très claire).

Question: donner le confort visuel pour chacune des situations ci-dessus.

ANNEXE D : DESCRIPTION DETAILLEE

1. Structure du programme

Le programme BATMAN est structuré en trois modules:

- (1) étude de l'incidence de la typologie et des caractéristiques physiques d'une implantation des bâtiments sur le bilan thermique (comparaison de diverses implantations des bâtiments, en partant de la parcelle à disposition et des caractéristiques réglementaires de la zone à construire);
- (2) étude de l'incidence des caractéristiques physiques globales d'un bâtiment sur le bilan thermique (possibilité de faire varier les divers paramètres géométriques et thermiques de l'enveloppe du bâtiment);
- (3) étude de l'incidence de la typologie et des caractéristiques physiques d'une pièce sur le confort thermique et visuel (comparaison de divers plans-types et variation de diverses caractéristiques physiques constructives).

Chaque module est utilisé indépendamment des autres. Un menu d'entrée permet à l'utilisateur d'accéder à l'un des modules à choix, et regroupe également quelques fonctions communes.

Le diagramme ci-dessous donne la structure du programme de façon plus détaillée.

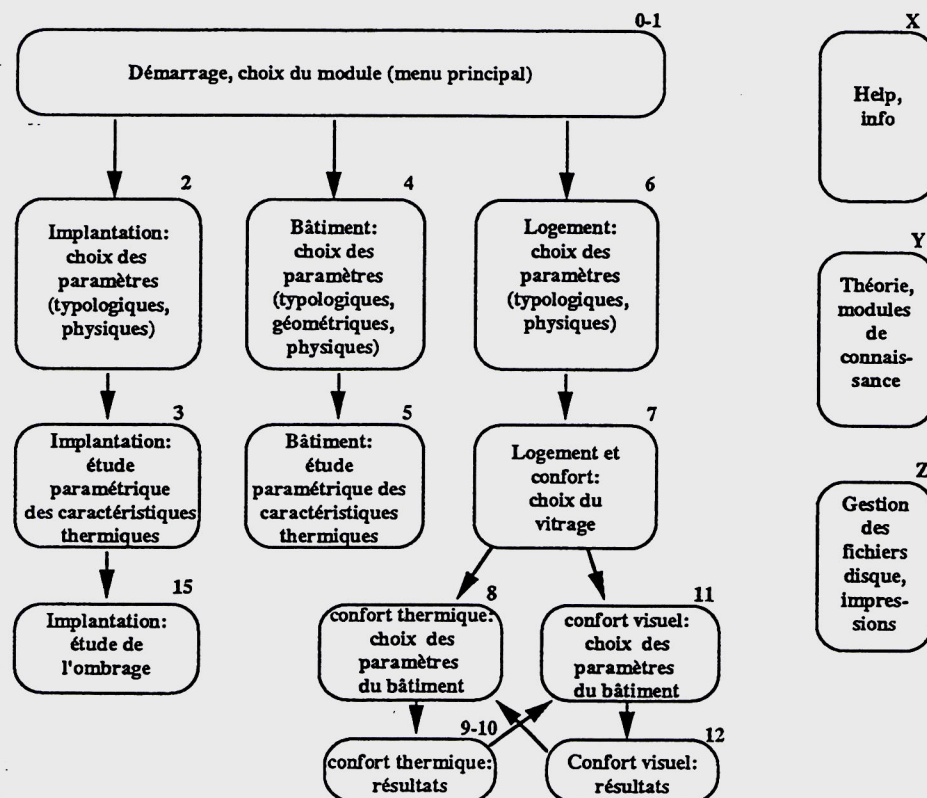


Fig 1: structure du programme BATMAN. Dans cette figure, les chiffres placés à droite en-dessus de chacune des cases du diagramme correspondent à la numérotation des paragraphes de l'annexe A (mode d'emploi de BATMAN). Les trois entités désignées par X, Y et Z, ainsi que le menu principal, peuvent être atteintes à partir de la plupart des écrans, suivant la nécessité. Les flèches montrent le parcours normal d'utilisation du programme, mais il est toujours possible de revenir en arrière.

2. Caractéristiques du bâtiment pouvant être variées par l'utilisateur

De façon générale, le programme BATMAN est destiné à permettre à l'étudiant-utilisateur de se rendre compte de l'impact de la variation de divers paramètres caractérisant le bâtiment ou la pièce. Ces paramètres ont été classés en deux catégories: les variables "architecturales" et géométriques (y compris la situation géographique du projet) d'une part, et les variables de physique du bâtiment (caractéristiques thermiques, etc).

2.1 Variables "architecturales" et géométriques

Lieu: situation du bâtiment. Pour les modules "implantation" et "logement", seul Genève est actuellement possible. Pour le module "bâtiment", les lieux suivants peuvent être sélectionnés par l'utilisateur: Altdorf, Bad Ragaz, Bâle, Berne, Coire, Davos, Genève, La Chaux-de-Fonds, Lausanne, Lugano, Lucerne, Montreux, Neuchâtel, Schaffhouse, Sion, St-Gall, Zurich.

Type: zone dans laquelle se trouve le bâtiment. Ce paramètre n'est utilisé que dans le module "implantation". Pour Genève (seul lieu implémenté dans le module "implantation"), les zones possibles sont 3D (???) et 4 (???)

Implantation: disposition-type des bâtiments sur une parcelle donnée. Ce paramètre n'est utilisé que dans le module "implantation". Pour Genève (seul lieu implémenté), et en fonction du type de zone, les implantations possibles, choisies parmi les plus répandues, sont représentées sur les figures 2 (zone 3D) et 3 (zone 4) ci-dessous. La parcelle considérée mesure 120 m sur 100 m (la plus grande dimension est dans le sens est-ouest).

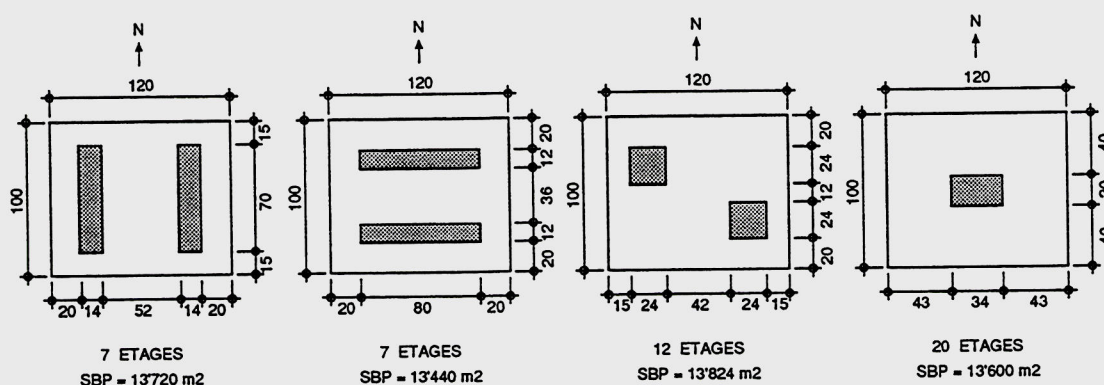


Fig.2: implantations à choix pour la zone 3D, Genève (toutes les dimensions sont en mètres, et SBP est la surface brute de plancher).

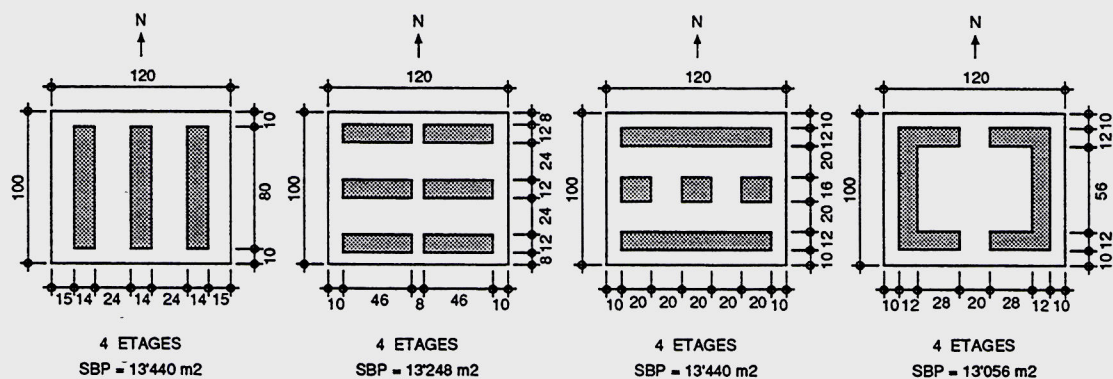


Fig.3: implantations à choix pour la zone 4, Genève (toutes les dimensions sont en mètres, et SBP est la surface brute de plancher).

Typologie des pièces: plan-type de la pièce utilisée lors de l'estimation du confort thermique et/ou visuel. Cette typologie n'est accessible que dans le module "logement". Les plans-types de la figure 4 ci-dessous, choisis parmi les plus répandus, sont disponibles à choix.

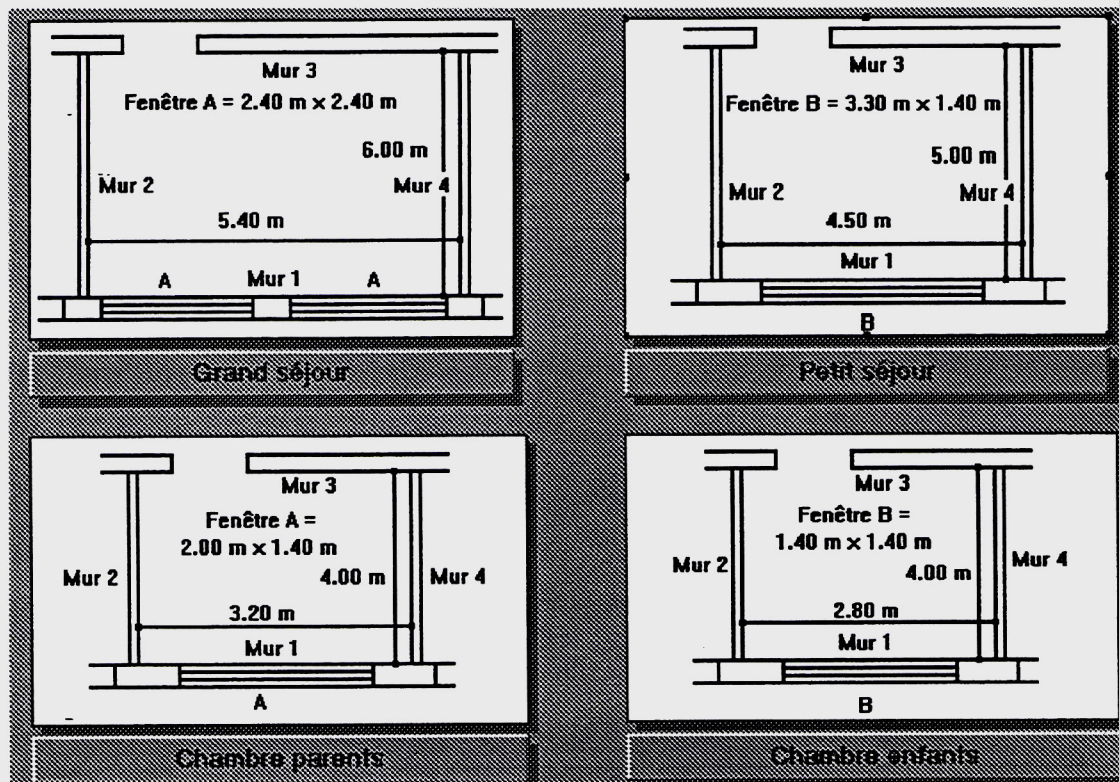


Fig.4: plans-types des pièces du logement, pour l'estimation du confort thermique et visuel

Dimensions du bâtiment: ces paramètres (largeur, profondeur, nombre d'étages) sont modifiables librement dans les modules "bâtiment" et "logement" (dans le module "implantation", les dimensions sont fixées suivant la typologie choisie). La largeur et la profondeur peuvent être variées entre 5 et 100 m, et le nombre d'étages entre 1 et 20 (hauteur d'un étage: 2.2 m).

Orientation du bâtiment: ce paramètre permet d'orienter le bâtiment de façon continue, en donnant l'angle, en degrés, entre le sud réel et la perpendiculaire à la façade intitulée "façade sud". Ce paramètre n'est accessible à l'utilisateur que dans les modules "bâtiment" et "logement" (actuellement, il n'est pas possible de modifier l'orientation des plans-types d'implantation sur une parcelle, dans le module "implantation").

Fraction de fenêtre: fraction de la surface de chaque façade occupée par les fenêtres. Les fenêtres comprennent le vitrage proprement dit et le cadre. La fraction de fenêtre est donnée indépendamment pour chaque façade. Ce paramètre peut être modifié dans les modules "bâtiment" et "logement" uniquement (dans le module "implantation", il est fixé suivant la typologie choisie). La fraction de fenêtre peut être variée entre 10 et 100 %.

2.2 Variables "physiques"

Type de vitrage: dans les trois modules du programme ("implantation", "bâtiment" et "logement"), il est possible de choisir le type de vitrage à partir d'une liste de vitrages courants. Les vitrages suivants sont implémentés dans BATMAN:

| VITRAGE | kie [W/m ² K] | kii [W/m ² K] | Gp | Gg | FR | Tlum |
|--|-----------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|
| Vitrage Simple | 5.90 | 4.40 | 0.84 | 0.82 | 0.07 | 0.90 |
| Vitrage Simple Sélectif Pyrolytique | 4.50 | 3.60 | 0.69 | 0.66 | 0.10 | 0.73 |
| Vitrage Isolant Double | 3.10 | 2.60 | 0.76 | 0.70 | 0.14 | 0.81 |
| Vitrage Isolant Double Pyrolytique | 1.60 | 1.45 | 0.70 | 0.64 | 0.16 | 0.68 |
| Vitrage Isolant Double Sélectif Catalyt. | 1.60 | 1.45 | 0.67 | 0.62 | 0.21 | 0.78 |
| Vitrage Isolant Triple | 2.10 | 1.90 | 0.68 | 0.60 | 0.18 | 0.74 |
| Vitrage Isolant Triple Sélectif Pyroly. | 1.40 | 1.30 | 0.62 | 0.55 | 0.20 | 0.62 |
| Vitrage Isolant Triple Catalytique | 1.40 | 1.30 | 0.60 | 0.53 | 0.23 | 0.71 |
| Vitrage Isolant Triple à 2 filtres Pyroly. | 1.10 | 1.00 | 0.58 | 0.52 | 0.29 | 0.59 |
| Vitrage Isolant Triple à 2 filtres Catalyt | 1.10 | 1.00 | 0.55 | 0.49 | 0.37 | 0.68 |

Fig.5: tableau des vitrages sélectionnables. La signification des caractéristiques est la suivante: kie = coefficient de transmission thermique k pour un vitrage situé entre l'intérieur et l'extérieur, kii = coefficient de transmission thermique k pour un vitrage situé entre deux zones intérieures, Gp = transmission énergétique globale (y compris la part absorbée et re-rayonnée vers l'intérieur) pour un rayonnement solaire perpendiculaire, Gg = transmission énergétique globale moyenne pour des angles d'incidence compris entre 0 et 60°, FR = fraction réfléchie pour un rayonnement perpendiculaire, Tlum = transmission lumineuse (spectre de la lumière visible) pour un rayonnement perpendiculaire.

A noter: la fraction de cadre (c'est-à-dire la proportion de la surface du cadre par rapport à la surface totale de fenêtre) est fixée égale à 30 %, et le coefficient k du cadre vaut 2 W/m²K. Ces deux paramètres ne sont pas modifiables par l'utilisateur.

Taux de renouvellement d'air: le taux de renouvellement d'air permet d'estimer les pertes thermiques provenant du renouvellement d'air. Le renouvellement d'air provient de deux phénomènes distincts: l'infiltration (par les fuites, par exemple les joints de fenêtres ou de portes), et la ventilation (naturelle ou mécanique au moyen de ventilateurs). Dans BATMAN, les deux phénomènes sont confondus, et le taux de renouvellement d'air est supposé constant durant toute l'année. Un taux minimum est fixé par les normes SIA, pour des raisons

d'hygiène. En ce qui concerne l'infiltration, les normes SIA fixent également une valeur maximale admissible, mais BATMAN ne tient pas compte de cette valeur, au vu de la méthode de calcul utilisée. Une valeur du taux de renouvellement d'air peut être définie pour les trois modules du programme ("implantation", "bâtiment", "logement"). Elle est comprise entre 0.2 et 2 volumes par heure.

Coefficient k du toit, des façades et du plancher contre sol: le coefficient de transmission thermique k, donné en W/m^2K , permet d'estimer les pertes thermiques par conduction à travers l'enveloppe. Une valeur maximale est fixée par la norme SIA. Le coefficient k peut être modifié indépendamment pour le toit, les façades et le plancher contre sol, et ceci pour les trois modules du programme ("implantation", "bâtiment", "logement"). Il peut être varié entre $0.1 W/m^2K$ et $10 W/m^2K$. Les valeurs maximales fixées par la norme SIA sont reportées dans le tableau ci-dessous (chiffres en W/m^2K ; les chiffres entre parenthèses représentent des valeurs cible, alors que les autres chiffres sont les valeurs limites).

- murs, toits et planchers:
 - vers l'extérieur: 0.4 (0.3)
 - vers un espace tampon ou vers le sol: 0.5 (0.4)
 - avec un chauffage par surface situé directement vers l'élément considéré: 0.3 (0.25)
- fenêtres:
 - vers l'extérieur: 2.6 (2.0)
 - vers un espace tampon: 3.0 (2.6)
 - avec un chauffage par surface situé directement vers l'élément considéré: 1.6 (1.2)
- portes:
 - vers l'extérieur: 2.0 (1.2)
 - vers un espace tampon: 2.6 (2.0)

Type de mur: dans le module "logement", l'utilisateur peut définir un type de mur choisi parmi une liste de murs-types fréquemment utilisés. Cette donnée est nécessaire du fait que l'évaluation du confort thermique présuppose la connaissance non seulement du coefficient k des murs de façade, mais encore de leur capacité thermique. Les murs-types sélectionnables par l'utilisateur sont représentés dans la figure 6 ci-dessous.

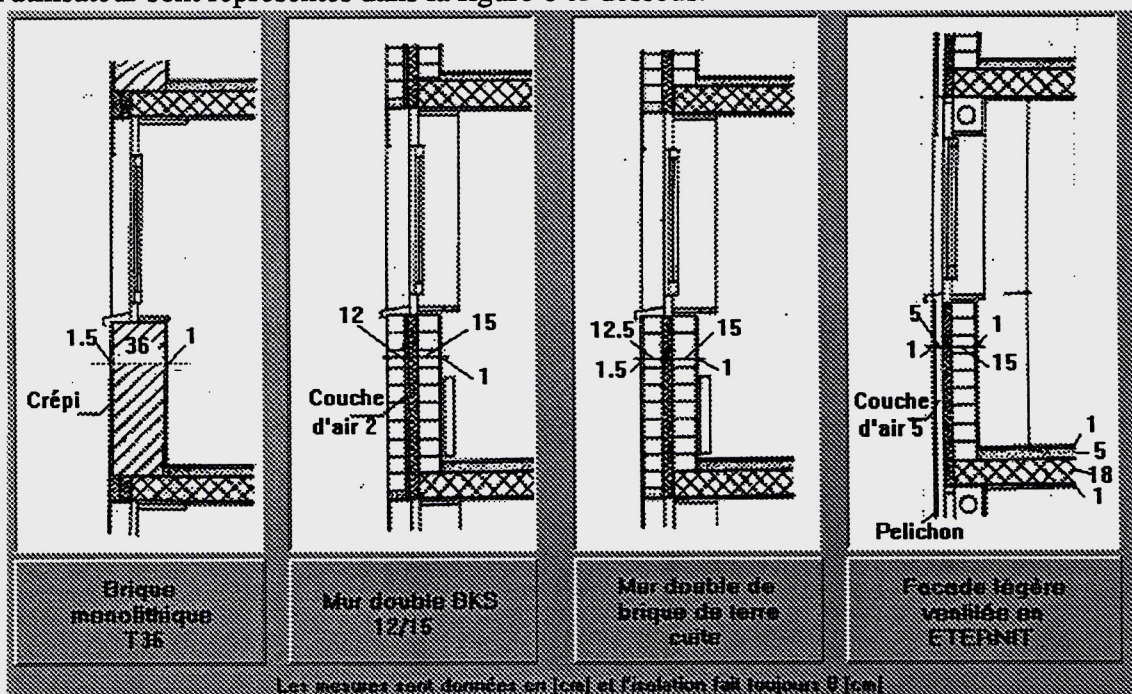


Fig.6: murs-types implémentés dans BATMAN pour le module "logement" (confort thermique)

La composition des murs-types est la suivante (couches énumérées de l'intérieur à l'extérieur):

- mur brique monolithique T36: enduit intérieur 1 cm, brique isolante 36 cm, crépi extérieur 1.5 cm;
- mur double BKS 12/15: enduit intérieur 1 cm, brique terre cuite 15 cm, laine minérale 12 cm, air 2 cm, brique terre cuite 12 cm;
- mur double de brique de terre cuite (autre version): enduit intérieur 1 cm, brique terre cuite 15 cm, laine minérale 12 cm, brique terre cuite 12.5 cm, enduit extérieur 1.5 cm;
- façade légère ventilée en éternit: enduit intérieur 1 cm, brique terre cuite 15 cm, laine minérale 12 cm, air 5 cm, éternit 1 cm.

Utilisation des protections solaires: dans le module "logement" (confort thermique), l'utilisateur peut choisir entre diverses utilisations des protections solaires:

- pas de stores;
- stores extérieurs toujours baissés;
- stores intérieurs toujours baissés;
- stores extérieurs réglés suivant le rayonnement solaire sur la façade considérée;
- stores intérieurs réglés suivant le rayonnement solaire sur la façade considérée.

Les stores sont en toile, avec un coefficient de transmission du rayonnement égal à 0.2. La stratégie de régulation, dans les deux derniers cas, est la suivante: le store est complètement abaissé lorsque le rayonnement est supérieur à 300 W/m², complètement relevé lorsque le rayonnement est inférieur à 10 W/m². Entre ces deux limites, la fraction d'abaissement varie linéairement. La figure 7 ci-dessous donne la fraction de store mise en oeuvre, en fonction du rayonnement solaire sur la façade considérée.

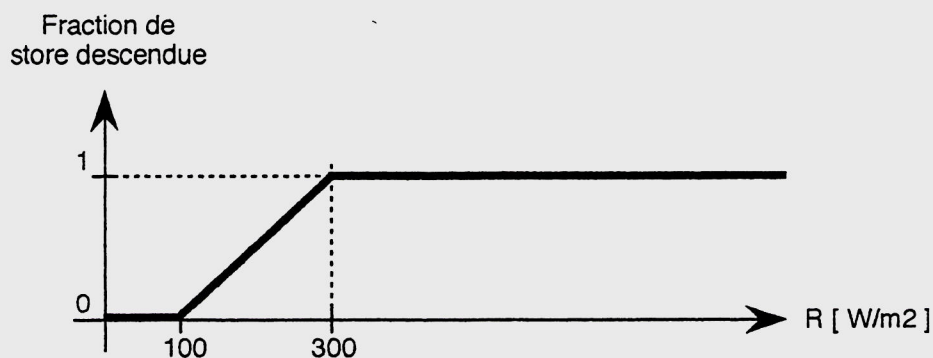


Fig.7: fraction d'abaissement des stores en fonction de l'intensité du rayonnement solaire I [W/m²] dans le plan de la façade considérée (stores relevés: 0, store abaissés: 1).

Facteurs de réflexion lumineux des surfaces intérieures: dans le module "logement" (confort visuel), le calcul du facteur de lumière du jour moyen (voir § 3.2) nécessite la donnée des facteurs de réflexion lumineuse. Le programme propose des valeurs par défaut, que l'utilisateur peut modifier (sol 0.3, murs 0.5, plafond 0.7). Les valeurs peuvent être variées entre 0 et 1.

Hauteur de ciel visible depuis le centre du vitrage: dans le module "logement" (confort visuel), le calcul du facteur de lumière du jour moyen (voir § 3.2) nécessite la donnée de la hauteur de ciel visible θ depuis le vitrage. Cette hauteur est de 90° pour un vitrage vertical sans aucune obstruction, elle se réduit en cas d'obstructions (autres bâtiments, arbres, reliefs, etc). L'angle θ est défini comme la projection, sur un plan vertical perpendiculaire au vitrage et passant par le centre du vitrage, de l'angle sous lequel le ciel est vu depuis le centre du vitrage. Des exemples sont donnés au paragraphe 3.2 de la présente annexe (notamment la figure 10). L'angle θ peut être varié de 1 à 180 degrés.

3. Algorithmes utilisés dans BATMAN

Dans cette section, les algorithmes utilisés dans le programme sont décrits, à l'exclusion des algorithmes utilisés par des programmes extérieurs appelés par le programme (LESOSAI, PASSIM), ces derniers étant détaillés dans la section 4.

3.1 Confort thermique

Le calcul du confort thermique est effectué d'après la théorie de Fanger (référence: P.O.Fanger, Thermal Comfort, MacGraw Hill, 1970).

Quantités caractéristiques du confort thermique

A un instant donné, le confort thermique peut être exprimé par l'une des quantités suivantes:

- la température ressentie T_r ("Operative Temperature" suivant la nomenclature ISO): c'est la température ressentie par une personne, en tenant compte de l'ensemble des températures de son environnement; dans la suite de ces considérations, nous n'utiliserons pas cette notion;
- le vote moyen prévisible (VMP, "Predicted Mean Vote" en anglais), qui est le jugement qu'une personne porte sur son confort thermique (échelle -3 à +3, -3 étant très froid, +3 très chaud, et 0 neutre/confort optimum);
- la fraction prévisible de personnes insatisfaites (FPI, "Predicted Percentage of Dissatisfied" en anglais).

Une relation expérimentale relie le VMP et le FPI représentée sur la figure 8 ci-dessous. On admet généralement que la bande de confort acceptable est située dans l'intervalle de VMP $[-0.5, +0.5]$, dont les limites correspondent à un FPI de 10 %. Une expression approximative peut être donnée pour cette relation:

$$\text{FPI} = 5 - 0.18 x + 23.9 x^2 + 0.007 x^3 - 1.54 x^4 + 0.002 x^5 \quad \text{avec } x = |\text{VMP}|$$

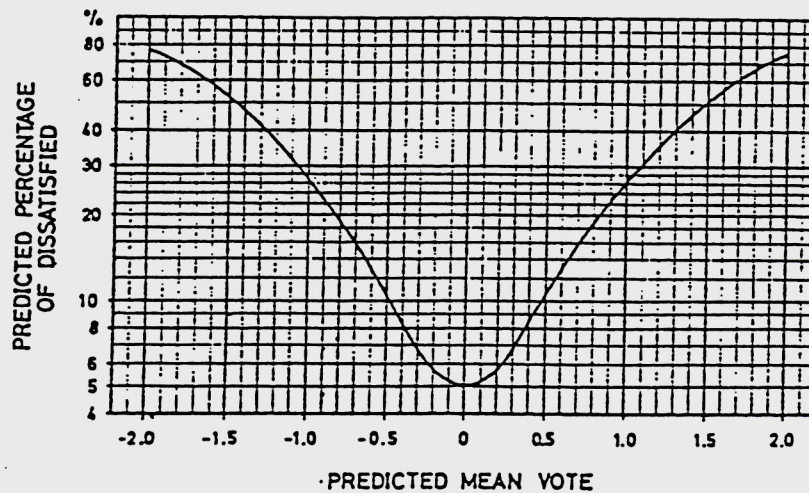


Fig.8: relation expérimentale reliant le VMP ("Predicted Mean Vote") et le FPI ("Predicted Percentage of Dissatisfied"). Cette figure est tirée de l'ouvrage de P.O.Fanger cité ci-dessus.

Echange de chaleur avec l'environnement et température moyenne radiante

L'échange de chaleur entre une personne et son environnement se fait par deux phénomènes physiques: la conduction/convection avec l'air ambiant, et le rayonnement avec les surfaces qui peuvent être vues de la personne, donc qui peuvent échanger de la chaleur par rayonnement avec la personne dont on cherche à évaluer le confort.

L'échange de chaleur par conduction/convection fait intervenir le coefficient d'échange thermique superficiel par convection α_c . L'expression de ce coefficient dépend du fait que la convection forcée (due aux mouvements d'air) est dominante ou non par rapport à la convection naturelle (non forcée). L'ouvrage de P.O.Fanger cité ci-dessus donne la relation suivante:

$$\alpha_c = 2.38 \cdot (T_{cl} - T_a)^{0.25} \quad \text{pour } 2.38 \cdot (T_{cl} - T_a)^{0.25} > 12.1 \cdot \text{sqrt}(v_a)$$

$$\alpha_c = 12.1 \cdot \text{sqrt}(v_a) \quad \text{pour } 2.38 \cdot (T_{cl} - T_a)^{0.25} < 12.1 \cdot \text{sqrt}(v_a)$$

avec: T_{cl} = température de la surface extérieure des vêtements [°C]
 T_a = température de l'air [°C]
 v_a = vitesse de l'air [m/s]

α_c étant alors donné en [W/m²K]. Dans le cas de BATMAN, la vitesse de l'air est prise égale à 0.1 m/s.

Les échanges thermiques par rayonnement peuvent être calculés par le biais d'une "température moyenne radiante" (T_{mr} , "Mean Radiant Temperature"), qui est la température d'un corps fictif équivalent à l'ensemble des surfaces échangeant de la chaleur avec la personne considérée. Cette température moyenne radiante peut être exprimée de façon approximative par la relation suivante:

$$T_{mr} = \sum T_i \cdot F_i$$

avec T_i = température de la surface i , et F_i = facteur de forme des échanges radiatifs entre la personne et la surface i (il s'agit d'une relation linéarisée; la relation correcte fait intervenir les puissances de rayonnement, donc les températures à la puissance 4; par ailleurs, on a supposé que toutes les surfaces se comportaient à peu près comme des corps noirs).

Si l'on simplifie, en supposant que la personne se tient à peu près au centre de la pièce, et que le facteur de forme F_i est à peu près égal au rapport de l'aire A_i / A_{tot} (A_i = aire de la surface considérée, $A_{tot} = \sum A_i$), on obtient ainsi une relation simple pour T_{mr} :

$$T_{mr} = \sum T_i \cdot A_i / A_{tot}$$

Relation entre le VMP et les conditions ambiantes

La relation permettant de trouver le VMP est complexe, car elle dépend de nombreux facteurs tels que l'habillement de la personne, son activité métabolique, l'existence de mouvements d'air (qui facilitent les échanges convectifs entre l'air ambiant et la personne), ou le degré d'humidité de l'air.

A l'équilibre, la production de chaleur à l'intérieur du corps est compensée par les diverses pertes vers l'extérieur. En considérant la surface de la peau comme limite du système physique, on peut écrire l'équation d'équilibre suivante:

$$H - E_d - E_{sw} - E_r - L - K = 0$$

avec H = production de chaleur du corps (chaleur métabolique),
 E_d = perte thermique par diffusion de vapeur d'eau à travers la peau,
 E_{sw} = perte thermique par évaporation de transpiration depuis la surface de la peau,
 E_r = perte thermique par chaleur latente dans la respiration,
 L = perte thermique par échange d'air de respiration,
 K = perte par conduction à travers les vêtements.

Les différents termes de cette équation peuvent être détaillés ainsi:

- H est donné par l'expression $H = M \cdot (1 - \eta)$ [W], avec M = métabolisme [W] et η = fraction de travail mécanique fournie par la personne; dans BATMAN, η est supposé égal à 0, et M/A_{du} égal à 58 W/m² (A_{du} est la surface de Dubois, voir le terme E_d), ce qui correspond à une position assise, sans activité;
- E_d est donné par l'expression $E_d = \lambda \cdot m \cdot A_{du} \cdot (P_s - P_a)$ [W], avec $\lambda = 2.41$ MJ/kg (chaleur de vaporisation de l'eau, à 35 °C), $m = 1.271 \cdot 10^{-9}$ kg/s m² Pa (coefficient de perméabilité de la peau), A_{du} = surface de Dubois (surface du corps nu, [m²]), P_s = pression de saturation de vapeur d'eau à la température de la peau [Pa], P_a = pression de vapeur d'eau dans l'air ambiant [Pa]; une expression linéarisée de P_s peut être utilisée dans le domaine considéré: P_s [Pa] = 256 · T_s - 3372, T_s étant la température de la peau [°C]. Dans ces conditions, l'expression de E_d devient: $E_d = A_{du} \cdot (0.781 \cdot T_s - 25.3 - 3.053 \cdot 10^{-3} \cdot P_a)$; dans BATMAN, l'humidité relative est prise égale à 0.5;
- E_{sw} dépend du niveau d'activité et de diverses constantes physiques; pour une personne proche du confort thermique: $E_{sw} = 0.42 \cdot A_{du} \cdot (H/A_{du} - 58)$ [W];
- E_r est fonction de la ventilation pulmonaire dV/dt et de la différence d'humidité entre l'air inspiré et expiré. Elle est donnée par l'expression $E_r = dV/dt \cdot (W_{ex} - W_a) \cdot \lambda$ [W], avec dV/dt = débit pulmonaire [kg/s], W_{ex} et W_a = humidité absolue de l'air expiré respectivement ambiant [kg eau/kg air sec], $\lambda = 2.41$ MJ/kg (chaleur de vaporisation de l'eau, à 35 °C). Le débit pulmonaire peut être approximé par l'expression $dV/dt = 1.43 \cdot 10^{-6} \cdot M$, M étant le métabolisme [W]. Quant au terme $W_{ex} - W_a$, il peut être approximé

par l'expression suivante: $W_{ex} - W_a = 0.029 - 4.95 \cdot 10^{-6} \cdot Pa$, Pa étant la pression partielle de vapeur d'eau dans l'air ambiant (inspiré) [Pa]. En substituant, on obtient l'expression suivante approchée pour E_{re} : $E_{re} = 0.0023 \cdot M \cdot (44 - Pa/133.3)$;

- L est fonction de la ventilation pulmonaire dV/dt , et peut être exprimée par la relation suivante: $L = dV/dt \cdot c_p \cdot (T_{ex} - T_a)$, c_p étant la chaleur spécifique de l'air (1000 J/kgK), T_{ex} la température de l'air expiré (34 °C est une approximation suffisante), T_a la température de l'air ambiant [°C], et dV/dt la ventilation pulmonaire (expression voir ci-dessus). En substituant comme précédemment, on obtient l'expression $L = 0.0014 \cdot M \cdot (34 - T_a)$, M étant le métabolisme [W];
- K est la conduction de chaleur à travers les vêtements, et peut être donnée par l'expression $K = A_{du} \cdot (T_s - T_{cl}) / (0.16 \cdot I_{cl})$, T_s étant la température de la peau [°C], T_{cl} la température de la surface extérieure des vêtements [°C], et I_{cl} la résistance thermique des vêtements, exprimée en [clo]: $I_{cl} = R_{cl} / 0.16$, R_{cl} étant la résistance thermique des vêtements [m^2K/W]. Dans BATMAN, I_{cl} est pris égal à 0.5 clo en été, 1 clo en hiver, et 0.7 clo en entre-saison.

Par ailleurs, on peut encore écrire un bilan thermique en considérant la surface extérieure des vêtements, ce qui donne l'équation suivante:

$$K = R + C$$

avec R = perte thermique par rayonnement [W],

C = perte thermique par conduction/convection [W].

Les deux termes R et C peuvent être détaillés de la manière suivante:

- R est donné par l'expression $R = A_{eff} \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_{cl}^4 - T_{mr}^4)$, avec A_{eff} = surface effective d'échange [m^2], ϵ = émissivité de la surface extérieure des vêtements (BATMAN: $\epsilon = 0.95$), σ = constante de Stefan-Boltzmann = $5.67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$, T_{cl} = température de surface des vêtements [K], T_{mr} = température moyenne radiante [K]; A_{eff} peut être approximée par l'expression suivante: $A_{eff} = f_{eff} \cdot f_{cl} \cdot A_{du}$, f_{eff} étant le rapport de la surface effective de rayonnement à la surface du corps vêtu (valeur approximative 0.71), f_{cl} le rapport de la surface du corps vêtu à la surface du corps nu (relation approximative: $f_{cl} = 1 + 1.29 \cdot R_{cl}$ pour $R_{cl} \leq 0.078 m^2K/W$, $f_{cl} = 1.05 + 0.645 \cdot R_{cl}$ pour $R_{cl} > 0.078 m^2K/W$, R_{cl} étant la résistance thermique des vêtements), et A_{du} la surface de Dubois déjà définie ci-dessus;
- C est donné par l'expression $C = A_{du} \cdot f_{cl} \cdot \alpha_c \cdot (T_{cl} - T_a)$, avec α_c = coefficient de transfert thermique par conduction/convection [W/m^2K] (voir expression au paragraphe précédent), T_a = température ambiante de l'air [K], les autres symboles ayant déjà été définis ci-dessus.

En combinant l'ensemble de ces équations, on peut trouver une expression de T_a et T_{mr} assurant un confort optimum, dans des conditions données d'activité, d'habillement et d'humidité ambiante (VMP = 0).

Pour exprimer le confort thermique dans une situation différente de celle correspondant au confort thermique optimal, il faut introduire une quantité X qui représente l'effort que le corps doit produire pour maintenir son équilibre thermique, et donc le degré d'inconfort. X est défini par l'expression suivante:

$$X = (H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L - R - C) / A_{du} \quad [W/m^2]$$

Dans cette expression, H est la production de chaleur du corps [W], E_d les pertes thermiques par diffusion de vapeur d'eau à travers la peau, [W], E_{sw} les pertes thermiques par évaporation de transpiration depuis la surface de la peau [W], E_{re} les pertes thermiques par chaleur latente dans la respiration [W], L les pertes thermiques par échange d'air de respiration (chaleur sensible) [W], R les pertes thermiques par rayonnement [W], C les pertes thermiques par conduction/convection [W], et A_{du} la surface de Dubois [m²].

Une relation expérimentale relie X au VMP, obtenue par ajustement sur des points expérimentaux:

$$VMP = (0.303 \cdot \exp(-0.036 \cdot M / A_{du}) + 0.028) \cdot X$$

M étant, comme précédemment, l'activité métabolique exprimée en [W], A_{du} l'aire de Dubois en [m²], et X ayant été défini ci-dessus et étant exprimé en [W/m²].

Quantification du confort par BatMan

A partir de la théorie du confort de Fanger, de nombreuses quantités peuvent être définies pour permettre à l'utilisateur de juger le confort offert par un local, dans des conditions données. Les quantités suivantes peuvent être par exemple considérées:

- histogramme du FPI ou du VMP, sur une certaine période (par exemple une semaine ou un mois), évalués à partir de l'évolution des températures heure par heure telle que simulée;
- histogramme de T_r (la température ressentie) sur une certaine période;
- pourcentage du temps durant lequel le VMP est en-dehors d'une "zone de confort" (par exemple l'intervalle [-0.5,+0.5]), ou durant lequel le FPI est supérieur à une "limite de confort" (par exemple 10 %; les deux chiffres donnés en exemple correspondent à la même zone de confort);
- valeur du FPI dépassé durant x % du temps (par exemple durant 5 % du temps).

Pour un programme d'EAO, il est important de caractériser le confort de façon simple (si possible un seul nombre, plutôt qu'un histogramme), et facilement compréhensible. Nous avons donc utilisé la fraction du temps durant laquelle le VMP est en-dehors d'une zone de confort, qu'on peut admettre égale à l'intervalle [-0.5,+0.5]. Le calcul du comportement thermique dynamique est effectué sur 6 jours, seuls les 2 derniers jours étant utilisés pour l'affichage de l'évolution des températures et l'évaluation de la fraction de temps durant laquelle le VMP est en-dehors de l'intervalle mentionné ci-dessus.

3.2 Confort visuel

Pour le confort visuel, une expression simplifiée permettant de quantifier le confort en fonction du facteur de lumière du jour moyen pour la pièce considérée. Cette expression résulte d'une régression mathématique à partir de points expérimentaux, basés sur une appréciation subjective par un échantillon de personnes (référence: H.Freytmuth & M.Seidl,

Abstandsflächen im Wohnungsbau, Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1978). L'expression du confort visuel est la suivante:

$$U = 3.2 \log_{10} \text{FLJ} + 6.6$$

FLJ étant le facteur de lumière du jour moyen, exprimé ici en pourcents. L'échelle du confort est en principe exprimée dans l'intervalle [-2,+2], -2 correspondant à un très mauvais éclairage naturel, +2 à un très bon éclairage naturel, et 0 à la neutralité (éclairage naturel ni bon ni mauvais). La figure 9 ci-dessous représente graphiquement l'expression de U en fonction de FLJ.

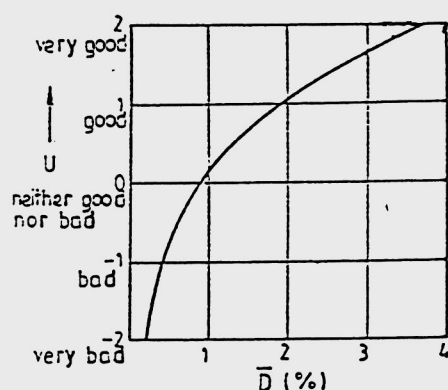


Fig 9: confort visuel U en fonction du facteur de lumière du jour moyen FLJ. Cette figure est extraite de la référence citée ci-dessus, et le facteur de lumière du jour y est symbolisé par la variable D.

Le facteur de lumière du jour moyen FLJ peut être calculé au moyen d'un programme détaillé, par exemple Superlite ou Radiance. Pour notre part, nous avons utilisé un calcul simplifié, basé sur l'angle de vue du ciel à partir du centre du vitrage (référence: CIBSE Application Manual, Window Design, 1987).

Ce facteur de lumière du jour moyen FLJ est donné par l'expression suivante:

$$\text{FLJ} = \frac{t_{\text{lum}} \cdot A_{\text{fen}} \cdot \theta}{A_{\text{tot}} \cdot (1 - r^2)}$$

avec t_{lum} = transmission lumineuse du vitrage

A_{fen} = surface du vitrage [m²]

θ = angle de vue du ciel à partir du centre du vitrage [°]

A_{tot} = surface totale des surfaces intérieures (y compris vitrage) [m²]

r = facteur de réflexion moyen des surfaces intérieures = $\sum A_i \cdot r_i / A_{\text{tot}}$

(A_i = aire de la surface no i, r_i = facteur de réflexion lumineuse de la surface no i)

La hauteur de ciel visible θ depuis le vitrage est de 90° pour un vitrage vertical sans aucune obstruction, elle se réduit en cas d'obstructions (autres bâtiments, arbres, reliefs, etc). L'angle θ est défini comme la projection, sur un plan vertical perpendiculaire au vitrage et passant par le centre du vitrage, de l'angle sous lequel le ciel est vu depuis le centre du vitrage. La figure ci-dessous montre la façon d'estimer l'angle θ à travers divers exemples.

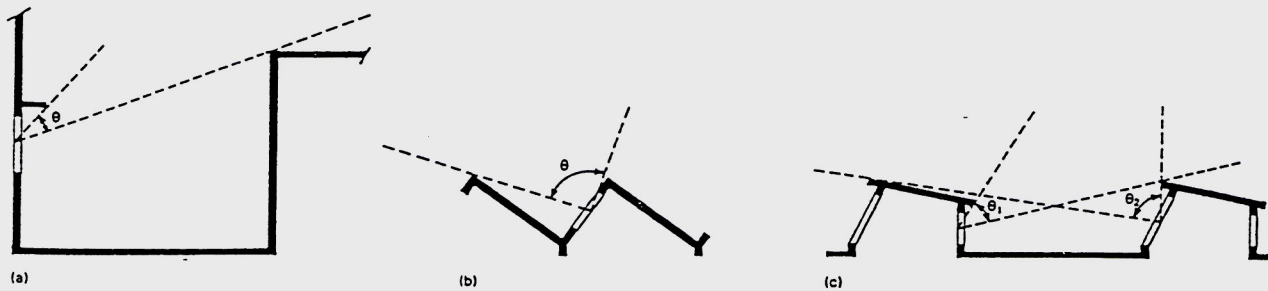


Fig.10: quelques exemples de la manière d'estimer l'angle de vue du ciel θ .

3.3 Ombrage

Le calcul de l'ombrage fait l'objet d'une extension du projet. Le rapport final relatif à l'extension donnera les détails du calcul. Dans la version actuelle de BATMAN, un calcul simplifié a été implémenté, et il n'est disponible que pour le module "implantation" (pour toutes les implantations-types, sauf l'ensemble "bâtiment-cour" et l'ensemble "deux bâtiments et trois villas").

Au moyen d'un petit programme réalisé à l'aide de Matlab, des vues depuis le soleil ont été calculées, toutes les deux heures durant une journée, pour 6 jours de l'année (21 janvier, 21 mars, 21 mai, 21 juillet, 21 septembre, 21 novembre). En fait, grâce aux symétries, il n'a été nécessaire de calculer que 3 jours de l'année. Après calcul, les images produites ont été sauveées sous forme de fichiers bitmap compressés (format .PCX), et BATMAN se contente de "rejouer" les séquences ainsi produites.

Dans la version future, qui sera disponible à la fin de l'année 1995, un calcul de l'ombrage sera effectué à la demande directement par BATMAN, ce qui permettra davantage de souplesse, et notamment un calcul pour un lieu au choix de l'utilisateur, et à une date quelconque. De plus le calcul ne sera pas limité au module "implantation", mais sera également disponible dans les modules "bâtiment" et "logement", ce qui permettra par exemple d'évaluer l'effet de l'orientation du bâtiment sur l'ombrage.

3.4 Taux de renouvellement d'air en fonction de la hauteur du bâtiment

La vitesse du vent varie suivant la hauteur à partir du sol, elle est d'autant plus grande que l'on s'éloigne du sol. Lorsque la hauteur d'un bâtiment augmente, les pertes par infiltrations augmentent donc également, du fait de l'influence de la vitesse du vent sur ces pertes. Afin de pouvoir inclure cet effet dans BATMAN, on y a inclus une évaluation simplifiée de la variation du taux de renouvellement d'air en fonction de la hauteur du bâtiment.

En ce qui concerne les pertes par infiltration, nous avons utilisé une expression simplifiée (référence: K.Wehrli, Novelair SA, Lausanne, "Recommandation SIA 384/2: puissance

thermique à installer dans les bâtiments", Revue Chauffage & Ventilation 1/84). Pour des appartements traversants (type 2 de la référence ci-dessus), et un degré de perméabilité des joints a_f de $0.3 \text{ m}^3/\text{h m Pa}^{2/3}$, la référence ci-dessus donne un tableau de flux d'air par infiltration dans les joints de battue de fenêtres V_f , en fonction de la hauteur au-dessus du sol et de la force du vent. L'examen des valeurs montre que le rapport $V_f(h)/V_f(0)$ est pratiquement indépendant de la force du vent ($V_f(h)$ est le flux d'air par m^2 de fenêtre à la hauteur h au-dessus du sol, et $V_f(0)$ le même flux d'air pour des hauteurs comprises entre 0 et 10 m). On a finalement ajusté la fonction suivante pour ce rapport:

$$V_f(h)/V_f(0) = \begin{cases} 1 & \text{pour } h < 10 \text{ m} \\ 1.3 + 0.02 \cdot (h - 10) & \text{pour } h > 10 \text{ m} \end{cases}$$

h étant la hauteur à partir du sol, en m.

Pour obtenir le total du flux d'air par infiltration dans l'ensemble du bâtiment, de hauteur H , il faut bien entendu effectuer encore une moyenne sur l'ensemble des étages du rapport $V_f(h)/V_f(0)$, pour chacun des étages.

De façon générale, le renouvellement d'air dans un bâtiment est dû à deux phénomènes: le renouvellement d'air volontaire, par exemple au moyen d'une ventilation mécanique ou par ouverture des fenêtres, et l'infiltration d'air, due au fait qu'un bâtiment n'est jamais complètement étanche. Pour l'étude du phénomène de variation de renouvellement d'air en fonction de la hauteur du bâtiment, on a supposé dans BATMAN que le renouvellement d'air obéissait uniquement à la variation de l'infiltration en fonction de la hauteur. Il s'agit bien entendu d'une approximation, mais elle présente l'avantage d'accentuer l'effet de dépendance en fonction de la hauteur du bâtiment (le renouvellement d'air volontaire dépend moins de la hauteur, car il est mieux contrôlé par les utilisateurs).

4. Programmes de calcul externes

4.1 LESOSAI

Description du programme

Pour le calcul des bilans mensuels, nous avons utilisé le programme de calcul simplifié LESOSAI, développé au LESO-PB (référence: voir Mode d'emploi de LESOSAIX, version 1.2, janvier 1991). Ce programme fonctionne sur PC compatible IBM, et produit un bilan thermique mois par mois durant une période donnée (par exemple une année). Les divers termes du bilan sont les suivants:

- gains solaires,
- gains internes,
- chauffage,
- pertes par le toit,
- pertes par les parois opaques,
- pertes par les fenêtres,
- pertes par le plancher vers le sol,
- pertes par renouvellement d'air (ventilation et infiltration),
- pertes par les éléments solaires spéciaux (serres, systèmes passifs divers).

Le programme calcule tout d'abord les gains (solaires et internes), ainsi que les diverses pertes. En tenant compte du facteur d'utilisation des gains solaires et internes, donné en fonction du facteur de charge (rapport gains/pertes), il peut ensuite calculer la demande d'énergie de chauffage, et si nécessaire l'énergie finale utilisée pour le chauffage (en tenant compte du rendement de l'installation de production de chaleur).

Divers systèmes solaires peuvent être introduits: fenêtres, serres, murs double-peau, murs capteurs, collecteurs fenêtres. Les gains solaires mensuels sont calculés par sommation sur tous les systèmes, à partir de la donnée du rayonnement solaire mensuel dans le plan de chacun des systèmes considérés. Divers types de vitrages sont possibles (simple, double isolant standard, double avec couche à faible émissivité dans l'infrarouge, etc).

Les gains internes dûs aux occupants et aux appareils sont également évalués mensuellement. Les gains internes et solaires sont ensuite additionnés, le total représentant les "gains gratuits".

Par ailleurs, les pertes thermiques par l'enveloppe (murs, fenêtres, toit, plancher vers le sol, renouvellement d'air) sont aussi évaluées mensuellement. En ce qui concerne les pertes par conduction à travers l'enveloppe vers l'extérieur, on utilise le coefficient de transmission de chaleur k donné pour chacun des éléments. La perte thermique correspondante, durant une période de temps Δt , est donnée par l'expression suivante:

$$P = k \cdot A \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot \Delta t \quad [J]$$

avec k = coefficient de transmission de chaleur de l'élément considéré [W/m²K]

A = surface de l'élément [m²]

T_{int} , T_{ext} = température intérieure resp. extérieure moyenne [°C]

Δt = durée de la période considérée [s]

Les pertes par conduction à travers l'enveloppe vers le terrain sont calculées de façon semblable, mais en utilisant la température moyenne du terrain à la place de la température extérieure moyenne. Quant aux pertes par renouvellement d'air, elles sont évaluées au moyen de la formule suivante:

$$P = n/3600 \cdot V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot \Delta t \quad [J]$$

avec n = taux de renouvellement d'air horaire [vol/h]

V = volume du bâtiment [m³]

ρ = densité de l'air = 1.2 [kg/m³]

C_p = chaleur spécifique de l'air à pression constante = 1000 [J/kgK]

T_{int} , T_{ext} = température intérieure resp. extérieure moyenne [°C]

Δt = durée de la période considérée [s]

Tous les gains disponibles ne sont pas utilisables. Par exemple, si la température intérieure est suffisamment élevée, l'utilisateur normal souhaite en principe rejeter les gains superflus (par exemple en ouvrant une fenêtre si la température extérieure est inférieure), ou les supprimer (par exemple en abaissant un store). Le facteur d'utilisation des gains "gratuits" (gains solaires et gains internes) représente la fraction de ces gains qui est effectivement utilisée pour le chauffage du bâtiment. Ce facteur d'utilisation dépend principalement du facteur de charge, défini comme le rapport gains/pertes, ainsi que du type de bâtiment (lourd, léger) et du type de régulation de l'installation de chauffage. Pour des bâtiments lourds (les plus fréquents

en Suisse), la variation du facteur d'utilisation des gains gratuits est représentée sur la figure 11 ci-dessous.

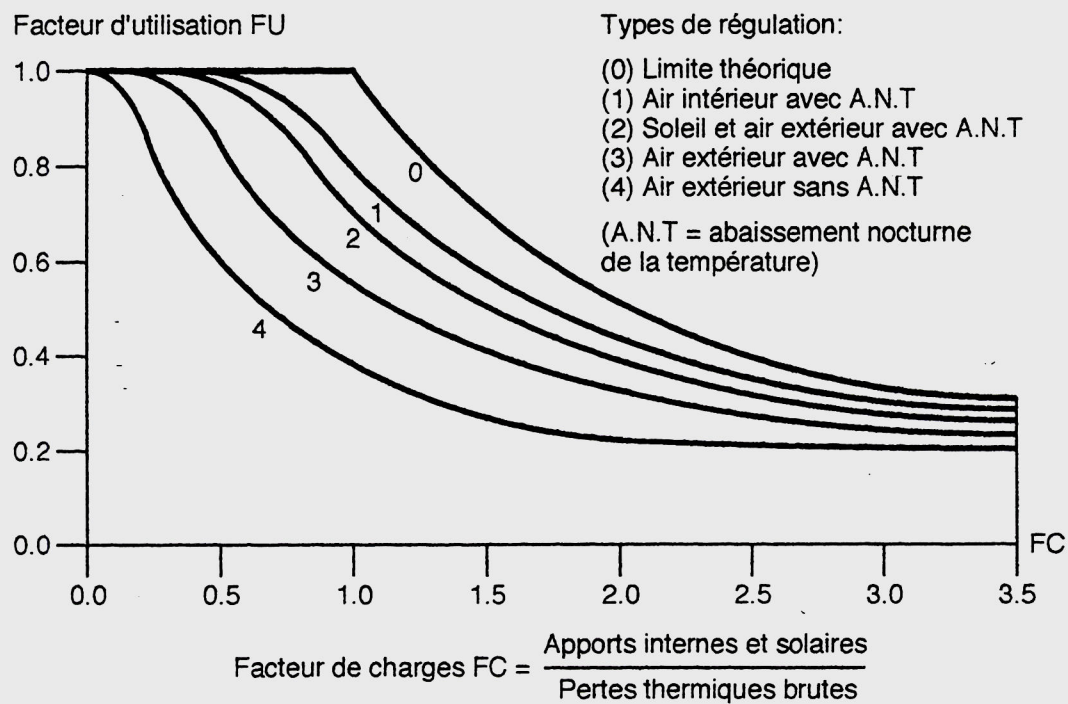


Fig.11: variation du facteur d'utilisation mensuel des gains F_u en fonction du facteur de charge F_c , pour divers types de régulation (0 = limite théorique, 1 = air intérieur avec abaissement nocturne de température, 2 = soleil et air extérieur avec abaissement nocturne de température, 3 = air extérieur avec abaissement nocturne de température, 4 = air extérieur sans abaissement nocturne de température)

Communication entre BATMAN et LESOSAI

Dans notre cas, nous n'utilisons que le "moteur de calcul" de LESOSAI, et non la partie interface avec l'utilisateur. Lorsqu'un calcul est demandé par le programme BATMAN, ce dernier produit un fichier disque contenant les caractéristiques du bâtiment, et BATMAN lance ensuite le calcul, par l'intermédiaire d'un fichier batch. Le moteur de calcul de LESOSAI retourne un fichier des résultats, qui est finalement lu par BATMAN.

4.2 PASSIM

Description du programme

Pour effectuer l'analyse du confort thermique, il est indispensable de pouvoir simuler le comportement thermique dynamique de la zone dont on désire quantifier le confort thermique. On a utilisé pour cela le programme PASSIM, développé au LESO-PB dans le cadre de plusieurs projets IEA (Agence Internationale de l'Energie) successifs (référence: voir N.Morel, Mode d'emploi du programme PASSIM, 1984). Il s'agit d'un code utilisant la technique de décomposition du système étudié en un **réseau nodal**, le programme évaluant ensuite le comportement dynamique de l'ensemble des variables thermiques définies. Ecrit à l'origine pour la simulation de systèmes ou de bâtiments solaires passifs, il est évidemment orienté dans

la direction des besoins des chercheurs en énergie solaire et physique du bâtiment, et contient donc des facilités telles qu'un générateur de rayonnement solaire sur un plan quelconque (à partir de la donnée du rayonnement solaire global sur un plan horizontal), ou des fonctions de transmission énergétique des fenêtres.

De façon générale, le programme permet la simulation d'un réseau nodal comportant au maximum 99 noeuds, pouvant être de trois types: flottants (la température est déterminée à chaque pas de simulation par la résolution du système d'équations), assignés (la température est assignée à une valeur tabulée, fixe ou donnée sur un fichier comme par exemple la température de l'air extérieur), ou régulés (un noeud régulé se comporte comme un noeud flottant entre deux limites, et comme un noeud assigné en dehors de ces limites, la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir le noeud à la limite étant calculé à chaque pas d'intégration).

Les noeuds peuvent être connectés entre eux par des couplages variés: conductifs purs, radiatifs, convectifs (lame d'air limite entre une surface verticale ou horizontale et l'air ambiant, ou lame d'air entre deux surfaces proches), par transfert de masse (connexion asymétrique), par échange d'air à travers une ouverture, ou par stratification entre deux masses d'air superposées.

Les données météorologiques nécessaires (au minimum la température de l'air et le rayonnement solaire global sur un plan horizontal) sont introduites à l'aide d'un fichier de tabulation, par exemple heure par heure. L'intervalle de simulation peut différer de l'intervalle de tabulation, le programme effectuant une interpolation si nécessaire.

La configuration du système étudié doit être donnée à l'aide d'un fichier de configuration, contenant la spécification de tous les noeuds (y compris leur capacité thermique), les couplages entre noeuds, et les sources de chaleur à appliquer à certains noeuds.

Les sorties délivrées par le programme peuvent être de divers types: tabulation de l'ensemble des quantités simulées sur un fichier, tabulation de certaines quantités spécifiés sur un fichier ou sur le terminal, graphe de certaines quantités simulées sur le terminal, tabulation de bilans thermiques (par exemple jour par jour, ou mois par mois).

On peut donc constater que le programme PASSIM, même s'il a été conçu pour un usage interactif, peut parfaitement travailler en mode "batch": les données nécessaires figurant dans deux fichiers (configuration et tabulation), et les sorties pouvant être tabulées dans un fichier de sortie, utilisable ensuite par un autre programme. Normalement, c'est l'utilisateur qui doit élaborer le réseau nodal, le programme se bornant à effectuer ensuite la simulation du réseau ainsi défini. Dans notre cas, un schéma nodal prédéfini a été utilisé, seules les valeurs des diverses caractéristiques thermiques variant de cas en cas.

Le programme PASSIM a été implémenté sur un ordinateur VAX/VMS au moyen du langage Fortran, mais une version a été réécrite pour PC au moyen du langage C. C'est cette dernière version que nous avons utilisée dans le cadre du présent développement.

Réseau nodal

On considère une tranche d'un étage du bâtiment, sans transfert de chaleur vers le haut ou vers le bas. Zones: une zone par orientation. La figure 12 ci-dessous donne le plan des zones, et le schéma nodal utilisé pour une zone (par exemple la zone sud).

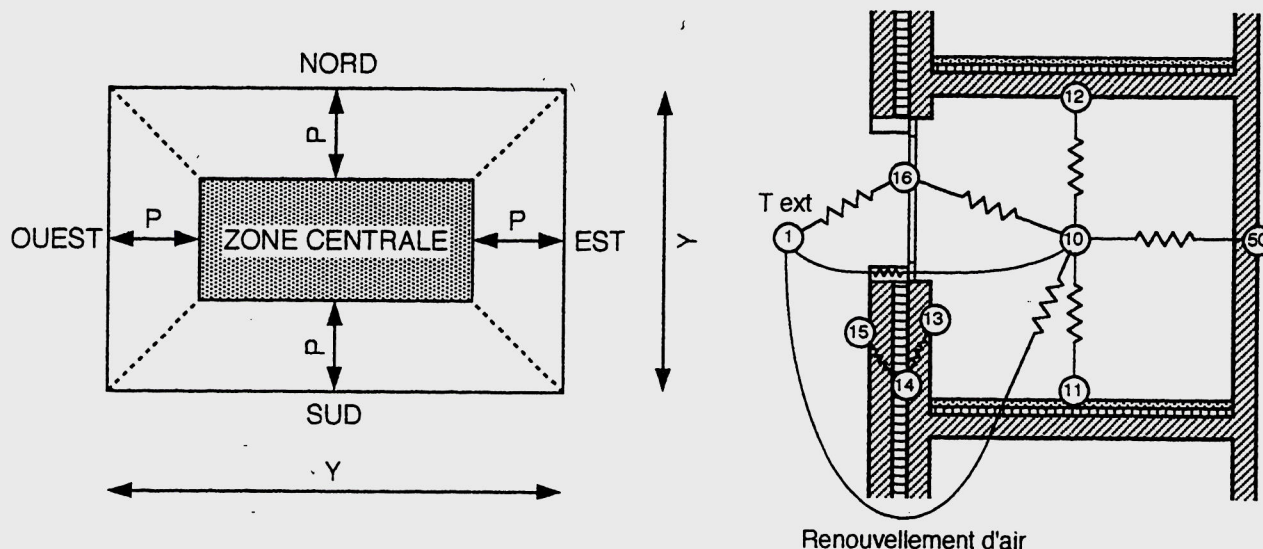


Fig.12: schéma nodal pour la zone sud de la partie simulée du bâtiment (un étage)

Soit encore:

x = largeur du bâtiment (longueur des façades sud et nord)

y = profondeur du bâtiment (largeur des façades est et ouest)

p = profondeur de la zone de façade (BATMAN: 5 m)

h = hauteur d'un étage (BATMAN: 2.5 m)

f_{cadre} = fraction de l'ouverture de fenêtre occupée par le cadre (BATMAN: 0.25)

ff_S = fraction de façade sud occupée par les ouvertures de fenêtre

ff_E = fraction de façade est occupée par les ouvertures de fenêtre

ff_N = fraction de façade nord occupée par les ouvertures de fenêtre

ff_W = fraction de façade ouest occupée par les ouvertures de fenêtre

Les surfaces de plancher sont données par:

$$Sp_S = (x - p) \cdot p$$

$$Sp_E = (y - p) \cdot p$$

$$Sp_N = (x - p) \cdot p$$

$$Sp_W = (y - p) \cdot p$$

Les surfaces de vitrage (sans les cadres), de cadre de fenêtre et de mur en façade sont les suivantes:

$$Sv_S = x \cdot h \cdot ff_S \cdot (1 - f_{cadre})$$

$$Sv_E = y \cdot h \cdot ff_E \cdot (1 - f_{cadre})$$

$$Sv_N = x \cdot h \cdot ff_N \cdot (1 - f_{cadre})$$

$$Sv_W = y \cdot h \cdot ff_W \cdot (1 - f_{cadre})$$

$$Sc_S = x \cdot h \cdot ff_S \cdot f_{cadre}$$

$$Sc_E = y \cdot h \cdot ff_E \cdot f_{cadre}$$

$$Sc_N = x \cdot h \cdot ff_N \cdot f_{cadre}$$

$$Sc_W = y \cdot h \cdot ff_W \cdot f_{cadre}$$

$$\begin{aligned}
 S_{mS} &= x \cdot h \cdot (1 - ffS) \\
 S_{mE} &= y \cdot h \cdot (1 - ffE) \\
 S_{mN} &= x \cdot h \cdot (1 - ffN) \\
 S_{mW} &= y \cdot h \cdot (1 - ffW)
 \end{aligned}$$

Les surfaces de mur de séparation sont données par:

$$\begin{aligned}
 S_{msepS} &= (x - 2p) \cdot h \\
 S_{msepE} &= (y - 2p) \cdot h \\
 S_{msepN} &= (x - 2p) \cdot h \\
 S_{msepW} &= (x - 2p) \cdot h
 \end{aligned}$$

(on admet que la masse de ce mur est concentrée à une distance de p de la façade sur le périmètre complet du bâtiment).

Capacités thermiques

Soit:

echape = épaisseur de chape (BATMAN: 0.05 m)
 edalle = épaisseur de dalle (BATMAN: 0.20 m)
 emurint = épaisseur partie massive du mur de façade intérieur
 emurrev = épaisseur revêtement intérieur du mur de façade intérieur
 emurext = épaisseur du mur de façade extérieur
 everre = épaisseur totale du verre du vitrage (BATMAN: 0.01 m)
 emursep = épaisseur du mur de séparation (partie massive centrale du bâtiment; BATMAN: 0.15 m)
 $roCp$ (air) = densité · chaleur spécifique de l'air (1200 J/kgK)
 $roCp$ (mortier) = densité · chaleur spécifique du mortier ($2.38 \cdot 10^6$ J/kgK)
 $roCp$ (mur int) = densité · chaleur spécifique du mur de façade intérieur, partie massive
 $roCp$ (mur rev) = densité · chaleur spécifique du revêtement du mur de façade intérieur
 $roCp$ (mur ext) = densité · chaleur spécifique du mur de façade extérieur
 $roCp$ (verre) = densité · chaleur spécifique du verre ($1.98 \cdot 10^6$ J/kgK)

$$\begin{aligned}
 C10 &= roCp \text{ (air)} \cdot SpS \cdot h \\
 C11 &= roCp \text{ (mortier)} \cdot SpS \cdot echape \\
 C12 &= roCp \text{ (béton armé)} \cdot SpS \cdot edalle \\
 C13 &= roCp \text{ (mur rev)} \cdot SmS \cdot emurrev \\
 C14 &= roCp \text{ (mur int)} \cdot SmS \cdot emurint \\
 C15 &= roCp \text{ (mur ext)} \cdot SmS \cdot emurext \\
 C16 &= roCp \text{ (verre)} \cdot SvS \cdot everre
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C20 &= roCp \text{ (air)} \cdot SpE \cdot h \\
 C21 &= roCp \text{ (mortier)} \cdot SpE \cdot echape \\
 C22 &= roCp \text{ (béton armé)} \cdot SpE \cdot edalle \\
 C23 &= roCp \text{ (mur rev)} \cdot SmE \cdot emurrev \\
 C24 &= roCp \text{ (mur int)} \cdot SmE \cdot emurint \\
 C25 &= roCp \text{ (mur ext)} \cdot SmE \cdot emurext \\
 C26 &= roCp \text{ (verre)} \cdot SvE \cdot everre
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C30 &= roCp \text{ (air)} \cdot SpN \cdot h \\
 C31 &= roCp \text{ (mortier)} \cdot SpN \cdot echape
 \end{aligned}$$

$$C32 = roCp \text{ (béton armé)} \cdot SpN \cdot edalle$$

$$C33 = roCp \text{ (mur rev)} \cdot SmN \cdot emurrev$$

$$C34 = roCp \text{ (mur int)} \cdot SmN \cdot emurint$$

$$C35 = roCp \text{ (mur ext)} \cdot SmN \cdot emurext$$

$$C36 = roCp \text{ (verre)} \cdot SvN \cdot everre$$

$$C40 = roCp \text{ (air)} \cdot SpW \cdot h$$

$$C41 = roCp \text{ (mortier)} \cdot SpW \cdot echape$$

$$C42 = roCp \text{ (béton armé)} \cdot SpW \cdot edalle$$

$$C43 = roCp \text{ (mur rev)} \cdot SmW \cdot emurrev$$

$$C44 = roCp \text{ (mur int)} \cdot SmW \cdot emurint$$

$$C45 = roCp \text{ (mur ext)} \cdot SmW \cdot emurext$$

$$C46 = roCp \text{ (verre)} \cdot SvW \cdot everre$$

$$C50 = roCp \text{ (mur sep)} \cdot (SmsepS + SmsepE + SmsepN + SmsepW) \cdot emursep$$

Conductances

Soit:

$$\alpha \text{ int,h} = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha \text{ int,v} = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha \text{ ext} = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\lambda \text{ murrev} = \text{conduction revêtement intérieur mur façade (W/K)}$$

$$\lambda \text{ murint} = \text{conduction mur façade intérieur (W/K)}$$

$$\lambda \text{ murisol} = \text{conduction isolant mur façade (W/K)}$$

$$\lambda \text{ murext} = \text{conduction mur façade extérieur (W/K)}$$

$$e \text{ murisol} = \text{épaisseur isolant mur façade (m)}$$

$$kv = \text{coefficient k du vitrage (W/m}^2\text{K)}$$

$$kc = \text{coefficient k du cadre (W/m}^2\text{K)}$$

$$n = \text{coefficient de renouvellement d'air (vol/heure)}$$

$$G10_11 = \alpha \text{ int,h} \cdot SpS$$

$$G10_12 = \alpha \text{ int,h} \cdot SpS$$

$$G10_13 = \alpha \text{ int,v} \cdot SmS$$

$$G13_14 = 1 / (emurrev / \lambda \text{ murrev} + emurint / \lambda \text{ murint}) \cdot SmS$$

$$G14_15 = \lambda \text{ murisol} / emurisol \cdot SmS$$

$$G15_1 = \alpha \text{ ext} \cdot SmS$$

$$G10_16 = \alpha \text{ int,v} \cdot SvS$$

$$G16_1 = 1 / (1 / kv - 1 / \alpha \text{ ext}) \cdot SvS$$

$$G10_50 = \alpha \text{ int,v} \cdot SmsepS$$

$$G10_1 = kc \cdot ScS + 0.33 \cdot SpS \cdot h \cdot n$$

$$G20_21 = \alpha \text{ int,h} \cdot SpE$$

$$G20_22 = \alpha \text{ int,h} \cdot SpE$$

$$G20_23 = \alpha \text{ int,v} \cdot SmE$$

$$G23_24 = 1 / (emurrev / \lambda \text{ murrev} + emurint / \lambda \text{ murint}) \cdot SmE$$

$$G24_25 = \lambda \text{ murisol} / emurisol \cdot SmE$$

$$G25_1 = \alpha \text{ ext} \cdot SmE$$

$$G20_26 = \alpha \text{ int,v} \cdot SvE$$

$$G26_1 = 1 / (1 / kv - 1 / \alpha \text{ ext}) \cdot SvE$$

$$G20_50 = \alpha \text{ int,v} \cdot SmsepE$$

$$G20_1 = kc \cdot ScE + 0.33 \cdot SpE \cdot h \cdot n$$

$$G30_31 = \alpha_{int,h} \cdot SpN$$

$$G30_32 = \alpha_{int,h} \cdot SpN$$

$$G30_33 = \alpha_{int,v} \cdot SmN$$

$$G33_34 = 1 / (emurrev / \lambda_{murrev} + emurint / \lambda_{murint}) \cdot SmN$$

$$G34_35 = \lambda_{muriisol} / emuriisol \cdot SmN$$

$$G35_1 = \alpha_{ext} \cdot SmN$$

$$G30_36 = \alpha_{int,v} \cdot SvN$$

$$G36_1 = 1 / (1 / kv - 1 / \alpha_{ext}) \cdot SvN$$

$$G30_50 = \alpha_{int,v} \cdot SmsepN$$

$$G30_1 = kc \cdot ScN + 0.33 \cdot SpN \cdot h \cdot n$$

$$G40_41 = \alpha_{int,h} \cdot SpW$$

$$G40_42 = \alpha_{int,h} \cdot SpW$$

$$G40_43 = \alpha_{int,v} \cdot SmW$$

$$G43_44 = 1 / (emurrev / \lambda_{murrev} + emurint / \lambda_{murint}) \cdot SmW$$

$$G44_45 = \lambda_{muriisol} / emuriisol \cdot SmW$$

$$G45_1 = \alpha_{ext} \cdot SmW$$

$$G40_46 = \alpha_{int,v} \cdot SvW$$

$$G46_1 = 1 / (1 / kv - 1 / \alpha_{ext}) \cdot SvW$$

$$G40_50 = \alpha_{int,v} \cdot SmsepW$$

$$G40_1 = kc \cdot ScW + 0.33 \cdot SpW \cdot h \cdot n$$

Sources de chaleur, fenêtres

Le rayonnement solaire incident dans le plan du vitrage est donné par la sortie du "générateur solaire" avec les arguments mode = 1, sortie = 1, pente = 90 (vertical), orientation = orient_façade (degrés, sud = 0, est = 90, ouest = -90, nord = 180).

En ce qui concerne les protections solaires, on utilise les formules simplifiées données ci-dessous, en fonction du type et de la gestion des protections solaires. Pour les cas où on abaisse les protections solaires par fort rayonnement solaire, on utilise la fonction de la figure 7 (§ 2.2) pour la fraction d'abaissement des stores f (stores relevés: 0, stores abaissés: 1), et ceci indépendamment sur chaque façade.

On suppose encore que le rayonnement solaire transmis est distribué pour moitié sur l'"air" de la pièce (en fait l'air + le mobilier, noeuds 10, 20, 30 ou 40), et pour moitié sur la chape (noeuds 11, 21, 31 ou 41). Pour les protections solaires intérieures, ce qui est absorbé sur les protections solaires est transmis entièrement à l'air de la pièce.

Les variables suivantes sont à utiliser (en ce qui concerne les orientations, tenir compte éventuellement d'une rotation additionnelle du bâtiment !):

orient_sud = 180

orient_est = 90

orient_nord = 180

orient_ouest = -90

nvitre = nombre de vitres de la fenêtre (par exemple, double vitrage = 2)

tauperp = transmission du rayonnement solaire perpendiculaire

taupsol = transmission du rayonnement solaire par les protections solaires (BATMAN: 0.20)

abspsol = absorption du rayonnement solaire par les protections solaires (BATMAN: 0.40)

absmur = absorption du rayonnement solaire par le mur de façade (BATMAN: 0.60)
 radThrMin = rayonnement solaire pour lequel on commence à abaisser les protections solaires
 (BATMAN: 100 W/m²)
 radThrDelta = domaine de linéarité de l'abaissement des protections solaires (BATMAN: 200
 W/m²)

Par ailleurs les variables suivantes ont été utilisées dans les expressions ci-dessous, pour les simplifier:

R = rayonnement solaire incident dans le plan considéré

RT = rayonnement solaire transmis après la fenêtre et la protection solaire

RA = rayonnement solaire absorbé par la protection solaire (utile uniquement pour protections solaires intérieures)

t_{fen} = transmission du rayonnement par la fenêtre

f = fraction de fermeture de la protection solaire

q_{air} = source de chaleur sur le noeud "air"

q_{chape} = source de chaleur sur le noeud "chape"

(a) Pas de protection solaires:

$$RT = R \cdot t_{fen}$$

$$q_{air} = RT \cdot 0.5$$

$$q_{chape} = RT \cdot 0.5$$

(b) Protections solaires extérieures, constamment abaissées:

$$RT = R \cdot t_{fen} \cdot taupsol$$

$$q_{air} = RT \cdot 0.5$$

$$q_{chape} = RT \cdot 0.5$$

(c) Protections solaires extérieures, abaissées par fort rayonnement solaire:

$$RT = R \cdot t_{fen} \cdot (f \cdot (taupsol - 1) + 1)$$

$$q_{air} = RT \cdot 0.5$$

$$q_{chape} = RT \cdot 0.5$$

(d) Protections solaires intérieures, constamment abaissées:

$$RT = R \cdot t_{fen} \cdot taupsol$$

$$RA = R \cdot t_{fen} \cdot abspsol$$

$$q_{air} = RA + RT \cdot 0.5$$

$$q_{chape} = RT \cdot 0.5$$

(e) Protections solaires intérieures, abaissées par fort rayonnement solaire:

$$RT = R \cdot t_{fen} \cdot (f \cdot (taupsol - 1) + 1)$$

$$RA = R \cdot t_{fen} \cdot f \cdot abspsol$$

$$q_{air} = RA + RT \cdot 0.5$$

$$q_{chape} = RT \cdot 0.5$$

5. Evaluation du bâtiment (règles d'expertise)

5.1 Hypothèses et généralités

- bâtiment d'habitation (logement);
- forme simple (parallépipède);
- pas de réfrigération mécanique durant l'été;
- non prise en compte du rendement des installations (supposé égal à 100 %);

De façon générale, le diagnostic est basé d'une part sur les données introduites par l'étudiant (par exemple, coefficient k des murs), et sur les données calculées par le programme (par exemple, consommation annuelle d'énergie de chauffage).

Deux types de règles sont implémentées: d'une part le respect des valeurs limites légales (SIA ou autre réglementation), d'autre part des règles heuristiques de "bon sens", telles qu'appliquées par le spécialiste en physique du bâtiment lors de la conception d'un bâtiment réel.

5.2 Valeurs limites et valeurs cibles SIA

Coefficient k (W/m²K): les valeurs reportées ici sont les valeurs limites (qui doivent être respectées pour toutes les nouvelles constructions, ainsi que les rénovations importantes), et les valeurs cible (valeurs à respecter pour des bâtiments particulièrement économes en énergie; chiffres entre parenthèses). Tous les chiffres sont en W/m²K.

- murs, toits et planchers:
 - vers l'extérieur: 0.4 (0.3)
 - vers un espace tampon ou vers le sol: 0.5 (0.4)
 - avec un chauffage par surface situé directement vers l'élément considéré: 0.3 (0.25)
- fenêtres:
 - vers l'extérieur: 2.6 (2.0)
 - vers un espace tampon: 3.0 (2.6)
 - avec un chauffage par surface situé directement vers l'élément considéré: 1.6 (1.2)
- portes:
 - vers l'extérieur: 2.0 (1.2)
 - vers un espace tampon: 2.6 (2.0)

Demande d'énergie de chauffage (MJ/m² de surface de plancher, par an): les valeurs reportées ici sont les valeurs limites (qui doivent être respectées pour toutes les nouvelles constructions, ainsi que les rénovations importantes), et les valeurs cible (valeurs à respecter pour des bâtiments particulièrement économes en énergie; chiffres entre parenthèses). Tous les chiffres sont en MJ/m² de plancher chauffé, par an.

- logements pour 1 ou 2 familles: 330 (280)
- logements par appartements: 300 (250)

Les chiffres de la demande d'énergie de chauffage sont spécifiés pour une altitude de

500 m. Ils doivent être corrigés de 3 % par 100 m de différence d'altitude (augmentés lorsque l'altitude est supérieure à 500 m, diminués lorsque l'altitude est inférieure).

Surface des fenêtres: pour chaque pièce, une condition nécessaire (mais pas suffisante !) pour un éclairage naturel satisfaisant est que le rapport de la surface de fenêtre à la surface de plancher (A_f/A_p) soit supérieur à 0.1. Usuellement, il est préférable d'avoir un rapport plus élevé, mais pas trop sous peine d'avoir des surchauffes dues aux gains solaires exagérés (0.3 est une limite raisonnable).

La réglementation fixe uniquement une limite inférieure (0.1) pour le rapport A_f/A_p , pour chacune des pièces qui doivent être éclairées naturellement. Au niveau d'un bâtiment complet, il est donc difficile de donner une limite précise, puisqu'il peut y avoir une proportion non négligeable d'espaces non éclairés naturellement (espaces de circulation, sanitaires, locaux techniques, etc).

Si l'on connaît la proportion de locaux non éclairés naturellement, on peut en déduire une limite au rapport A_f/A_p global pour l'ensemble du bâtiment. Par exemple, si on a 25 % de locaux non éclairés naturellement, le rapport A_f/A_p devra être au minimum de 0.075 en moyenne pour le bâtiment (ce qui ne garantit d'ailleurs absolument pas que la valeur de 0.10 soit atteinte dans toutes les pièces éclairées naturellement, mais permettra éventuellement de détecter une erreur, par exemple l'oubli de la définition de la surface de fenêtres !).

5.3 Optimisation et cohérence du bâtiment

Coefficient de conduction intérieur-extérieur: la vérification de la règle SIA concernant la demande d'énergie de chauffage (en MJ/m² de surface de plancher, par an) nécessite le calcul de la consommation énergétique, au moyen par exemple d'un programme simplifié du style de LESOSAI. Une première vérification, plus simple, repose sur le coefficient de conduction thermique entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

Si H_1 est le coefficient de conduction thermique entre l'intérieur du bâtiment et l'air extérieur (en W/K), S_p la surface totale de plancher des espaces chauffés (en m²), et DJ le nombre de degrés-jours de chauffage correspondant au lieu de construction, on peut calculer la quantité a (voir référence [Faist 91 b]):

$$a = 0.086 \cdot DJ \cdot H_1 / S_p \quad [\text{MJ/m}^2]$$

Cette quantité a représente la demande d'énergie de chauffage (le facteur 0.086 permet d'exprimer le résultat en MJ/m² de plancher chauffé), en l'absence de tous gains gratuits, en négligeant les pertes par le sol. Cette hypothèse est raisonnable, car en général il s'agit d'une fraction faible du coefficient de pertes, et justifiable par la difficulté qu'on aurait à traiter ce terme de façon correcte. Si a est inférieur à l'indice SIA limite, on peut être alors pratiquement assuré que l'indice énergétique réel (qui devrait être inférieur à a puisque les gains solaires et internes permettent d'abaisser la contribution du chauffage) sera également inférieur à la valeur limite SIA. La condition pour cela est que les gains solaires et internes soient plus élevés que les pertes par le sol, ce qui est toujours réalisé dans la pratique.

La règle est donc la suivante: vérifier si a est inférieur à la valeur limite SIA pour l'indice énergétique. Si c'est le cas, le bâtiment est suffisamment isolé pour que, même sans gains solaires et internes, il soit conforme à la norme SIA. Ce qui ne veut pas encore dire qu'il s'agisse d'un vraiment bon bâtiment...

Facteur de qualité solaire du bâtiment: afin de permettre l'estimation de l'importance relative des gains solaires passifs dans le bâtiment à juger, on introduit la quantité m , définie de la manière suivante.

Soit A_s la surface sud équivalente de captage (en m^2), définie par l'expression:

$$A_s = 1/G_s \cdot \sum (j) A_j \cdot G_j$$

avec G_s = irradiation solaire globale sur un plan vertical sud (en MJ/m^2 par an)

G_j = irradiation solaire globale sur le plan j (\neq sud) (idem)

A_j = surface de captage correspondant au plan j (en m^2)

On définit alors la quantité m , qui représente le rapport entre la conduction thermique intérieur - extérieur H_1 (définie au paragraphe 3.1), et la surface équivalente de captage en façade sud A_s :

$$m = H_1 / A_s \quad (\text{en } W/(m^2 \cdot K))$$

Intuitivement, on peut comprendre cette quantité m comme un rapport dont la valeur devrait demeurer suffisamment faible pour assurer une bonne qualité du bâtiment: si l'on augmente le coefficient de pertes H_1 (diminution de la qualité thermique de l'enveloppe), on doit compenser cette augmentation par une augmentation correspondante des gains solaires (donc de la surface équivalente de captage en façade sud), afin de conserver une charge thermique de chauffage suffisamment faible.

Par expérience, on peut donner les valeurs limites suivantes:

- $m < 8$: bâtiment avec des gains solaires très élevés, risque élevé de surchauffes à combattre au moyen de protections solaires efficaces (protections solaires extérieures, avec un coefficient d'atténuation des gains suffisamment proche de 1), indispensables
- $8 < m < 13$: gains solaires élevés mais raisonnables, risque de légères surchauffes dues aux gains solaires, protections solaires nécessaires
- $m > 13$: gains solaires faibles, très peu de risque de surchauffes mais aussi peu d'utilisation du potentiel solaire passif.

Si à la fois a (section précédente) est supérieur à la valeur limite et $m > 13$, alors on a à faire à un bâtiment dont les pertes thermiques sont trop élevées, et les gains solaires pas suffisamment importants pour compenser la valeur élevée des pertes thermiques.

Proportion de surfaces vitrées suivant les façades: la surface vitrée minimale fixée par la réglementation concerne davantage l'éclairage naturel, et ne représente certainement pas un optimum sur le plan du comportement thermique du bâtiment. D'autres règles heuristiques, plus détaillées, doivent être considérées pour permettre d'atteindre une valeur plus optimale des caractéristiques énergétiques du bâtiment.

De façon générale, et dans l'idéal, les surfaces vitrées en façade sud devraient être supérieures aux surfaces vitrées est et ouest, elles-mêmes supérieures aux surfaces vitrées nord. Il existe de nombreux cas où cette règle ne peut pas être respectée (implantation des bâtiments, utilisation des espaces intérieurs), mais l'étudiant devrait en tout cas être rendu

attentif aux conséquences découlant de son non-respect: risques de surchauffes si la surface vitrée en façade ouest est trop importante, pertes thermiques importantes sans gains solaires significatifs par des vitrages en façade nord, gains solaires insuffisants en hiver du fait d'une surface vitrée en façade sud insuffisante.

L'importance des gains solaires par les surfaces vitrées est à juger en parallèle d'une part au moyen de la présente règle, et d'autre part en considérant le facteur de qualité solaire passif et la proportion des gains solaires par rapport à la charge thermique totale.

Proportion des pertes par les divers éléments de construction: un bâtiment correctement conçu présente des éléments constructifs de qualité homogène. Par exemple, il est peu utile d'augmenter la qualité thermique du toit si les pertes thermiques par le toit représentent une fraction négligeable de l'ensemble des pertes, et que les pertes par ventilation sont bien supérieures. Dans ce cas, il serait préférable d'améliorer tout d'abord l'étanchéité du bâtiment, et/ou de prévoir une récupération de chaleur sur la ventilation.

Les règles proposées concernent non pas un jugement du bâtiment tel qu'il est, mais plutôt un ordre de priorité pour les améliorations à y apporter.

On considère les pertes par les systèmes suivants: murs extérieurs, fondation, toit, fenêtres, infiltration/ventilation.

Lorsque les pertes par un des systèmes sont supérieures à 50 %, l'amélioration de ce système est absolument prioritaire. Lorsque ces pertes sont supérieures à 30 %, l'amélioration est également nécessaire, sans avoir une priorité aussi absolue.

Lorsque les pertes par un des systèmes sont inférieures à 10 %, il ne sert pratiquement à rien de l'améliorer, à moins qu'une telle amélioration ait d'autres effets (par exemple sur le confort ou l'éclairage), ou qu'elle soit particulièrement peu coûteuse.

Proportion des gains solaires: un bâtiment qui doit assurer la plus grande partie de son chauffage par le recours à l'énergie auxiliaire de chauffage (mazout, gaz, etc) présente une trop faible utilisation des gains solaires passifs.

Dans le climat suisse moyen (Plateau), il est raisonnable de compter sur des gains solaires passifs supérieurs à 25 % de la charge thermique totale (en moyenne sur l'année). Si cette valeur n'est pas atteinte, il y a lieu de supposer que les surfaces vitrées, spécialement au sud, sont insuffisantes, que la qualité de l'enveloppe est mauvaise, que les pertes par renouvellement d'air sont trop importantes, ou encore que les gains solaires potentiels sont abaissés du fait de vitrages à faible transmission énergétique ou de protections solaires non adaptées.

Masse thermique: dans la version actuelle du système, la masse thermique n'est pas directement considérée au niveau du calcul des bilans thermiques mensuels et du système expert associé.

Une règle simple consiste à donner une valeur minimum raisonnable de masse thermique par m² de surface de plancher: 200 kg/m². Si cette limite n'est pas atteinte, on peut donner un message rendant l'utilisateur attentif aux risques de surchauffes estivales et à une éventuelle mauvaise utilisation des gains solaires passifs, du fait de l'absence d'une masse thermique suffisante pour stocker ces gains.

6. Modules de connaissance

Les modules de connaissance sont destinés à compléter l'information de l'étudiant, sur l'ensemble des sujets relatifs au programme BATMAN. Lors de l'utilisation de BATMAN, la plupart des écrans contiennent des mots en "hypertexte" (dans le cas de BATMAN, ces mots en hypertexte sont affichés en couleur verte et soulignés); il suffit alors de cliquer sur le mot pour afficher directement le module de connaissance correspondant, sur un écran qui se superpose alors à l'écran précédent. Par ailleurs, le bouton "Théorie" permet d'accéder à une table des matières complète, elle-même en hypertexte, autorisant ainsi un accès à n'importe lequel des modules de connaissance.

La table des matières ci-dessous montre l'organisation des divers modules de connaissance.

1. Elements de construction et caractéristiques thermiques
 - 1.1 Toit
 - 1.2 Mur
 - 1.3 Plancher
 - 1.4 Fenêtre
 - 1.5 Matériaux de construction
2. Normes en physique du bâtiment
 - 2.1 Normes SIA
 - 2.2 Valeur limite SIA
 - 2.3 Valeur cible SIA
3. Gains
 - 3.1 Gains solaires
 - 3.2 Gains internes
 - 3.3 Chauffage
 - 3.4 Facteur d'utilisation des gains gratuits
4. Pertes
 - 4.1 Pertes par le toit
 - 4.2 Pertes par les murs
 - 4.3 Pertes par le plancher
 - 4.4 Pertes par les fenêtres
 - 4.5 Renouvellement d'air
 - 4.6 Pertes par renouvellement d'air
5. Bilan thermique
 - 5.1 Bilan thermique global d'un bâtiment
 - 5.2 Bilan thermique d'une fenêtre
6. Confort thermique et visuel
 - 6.1 Confort thermique
 - 6.2 Confort visuel

Par ailleurs, le tableau des quatre pages suivantes donne une liste complète des divers modules de connaissance. Afin d'explicitier les différentes colonnes de ce tableau, il faut

mentionner, en préambule, que les modules de connaissances ont été implémentés au moyen du "Help Compiler" standard de Windows, qui est usuellement employé pour réaliser l'aide en ligne d'un programme Windows. Le Help Compiler reconnaît principalement deux types d'appels à un module: les "jumps", qui permettent de remplacer l'affichage d'un module à l'écran par un autre module, et les "popups", qui permettent d'afficher dans une fenêtre superposée, et généralement de plus petite taille, une information normalement brève (une définition, une référence, etc), qui est effacée lorsque l'utilisateur appuie sur n'importe quelle touche du clavier.

Pour le Help Compiler, chaque module possède les caractéristiques suivantes:

- une chaîne de caractères ("context string"), qui permet d'identifier le module de façon univoque;
- un titre;
- une séquence de parcours, lorsque l'on utilise le module d'aide comme un livre, en le feuilletant dans l'ordre normal des pages ("browse sequence");
- des mots-clés.

Dans le tableau ci-dessous, on a également donné les caractéristiques suivantes:

- un numéro de module ("topic number"), qui sert uniquement lors de la mise au point;
- un identificateur par numéro ("context number"), nécessaire pour l'appel depuis Visual Basic;
- l'indication de la section dont fait partie le module correspondant (1 = éléments de construction et caractéristiques thermiques, 2 = normes SIA, 3 = gains, 4 = pertes, 5 = bilan thermique, 6 = confort thermique et visuel);
- un flag indiquant si le module est conçu pour être appelé par un "popup" ou par un "jump";
- les divers appels à d'autres modules dans le module considéré, au moyen de mots en hypertexte ("jump calls" et "popup calls");
- un flag "status" indiquant si le module a été complètement réalisé.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|----------------|--------|--------|---------|-------------------------------------|------|------|------|------------------|----------------|---|
| 1 | Date: 16.2.95 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | CONTEXT | TOPIC | BROWSE | CONTEXT | TITLE | SEC- | POP- | STA- | JUMPS | POPUPS | |
| 4 | STRING | NUMBER | SEQU. | NUMBER | | TION | UP | TUS | CALLS | CALLS | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | Contents | 2 | | 10 | Table des matières | O | | ok | Toit | UnitPopup | |
| 9 | | | | | | | | | Mur | | |
| 10 | | | | | | | | | Plan | | |
| 11 | | | | | | | | | Fen | | |
| 12 | | | | | | | | | Mat | | |
| 13 | | | | | | | | | SIA | | |
| 14 | | | | | | | | | SIALimite | | |
| 15 | | | | | | | | | SIACible | | |
| 16 | | | | | | | | | GainsSol | | |
| 17 | | | | | | | | | GainsInt | | |
| 18 | | | | | | | | | Chauffage | | |
| 19 | | | | | | | | | FactUtil | | |
| 20 | | | | | | | | | PertesToit | | |
| 21 | | | | | | | | | PertesMur | | |
| 22 | | | | | | | | | PertesPlan | | |
| 23 | | | | | | | | | PertesFen | | |
| 24 | | | | | | | | | RenAir | | |
| 25 | | | | | | | | | PertesRenAir | | |
| 26 | | | | | | | | | BilanGlobal | | |
| 27 | | | | | | | | | BilanFen | | |
| 28 | | | | | | | | | ConfortThermique | | |
| 29 | | | | | | | | | ConfortVisuel | | |
| 30 | | | | | | | | | | | |
| 31 | CoursAFFPopup | 3 | | 20 | Cours A.Faist - référence | O | x | ok | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | |
| 33 | CoursJBG1Popup | 4 | | 30 | Cours J.B.Gay, partie 1 - référence | O | x | ok | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | |
| 35 | CoursJBG2Popup | 5 | | 40 | Cours J.B.Gay, partie 2 - référence | O | x | ok | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | |
| 37 | UnitPopup | 6 | | 50 | Unités physiques | O | x | ok | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | |
| 41 | Toit | 8 | 1:020 | 1020 | Toit | 1 | | ok | PertesToit | | |
| 42 | | | | | | | | | KToit | | |
| 43 | | | | | | | | | CToit | | |
| 44 | | | | | | | | | | | |
| 45 | KToit | 9 | 1:030 | 1030 | Coefficient k du toit | 1 | | ok | Toit | CoursAFFPopup | |
| 46 | | | | | | | | | K | CoursJBG1Popup | |
| 47 | | | | | | | | | CalcK | UnitPopup | |
| 48 | | | | | | | | | | KPopup | |
| 49 | | | | | | | | | | SIAPopup | |
| 50 | | | | | | | | | | SIALimitePopup | |
| 51 | | | | | | | | | | SIACiblePopup | |
| 52 | | | | | | | | | | | |
| 53 | CToit | 10 | 1:040 | 1040 | Capacité thermique du toit | 1 | | ok | Toit | CoursAFFPopup | |
| 54 | | | | | | | | | C | CoursJBG1Popup | |
| 55 | | | | | | | | | CalcC | UnitPopup | |
| 56 | | | | | | | | | | CPopup | |
| 57 | | | | | | | | | | | |
| 58 | Mur | 11 | 1:060 | 1060 | Mur | 1 | | ok | PertesMur | | |
| 59 | | | | | | | | | KMur | | |
| 60 | | | | | | | | | CMur | | |
| 61 | | | | | | | | | ExMur | | |
| 62 | | | | | | | | | | | |
| 63 | KMur | 12 | 1:070 | 1070 | Coefficient k d'un mur | 1 | | ok | Mur | CoursAFFPopup | |
| 64 | | | | | | | | | K | CoursJBG1Popup | |
| 65 | | | | | | | | | CalcK | UnitPopup | |
| 66 | | | | | | | | | | KPopup | |
| 67 | | | | | | | | | | SIAPopup | |
| 68 | | | | | | | | | | SIALimitePopup | |
| 69 | | | | | | | | | | SIACiblePopup | |
| 70 | | | | | | | | | | | |
| 71 | CMur | 13 | 1:080 | 1080 | Capacité thermique d'un mur | 1 | | ok | Mur | CoursAFFPopup | |
| 72 | | | | | | | | | C | CoursJBG1Popup | |
| 73 | | | | | | | | | CalcC | UnitPopup | |
| 74 | | | | | | | | | | CPopup | |
| 75 | | | | | | | | | | | |
| 76 | ExMur | 14 | 1:090 | 1090 | Exemples de murs | 1 | | ok | Mur | | |
| 77 | | | | | | | | | | | |
| 78 | Plan | 15 | 1:100 | 1100 | Plancher | 1 | | ok | PertesPlan | | |
| 79 | | | | | | | | | KPlan | | |
| 80 | | | | | | | | | CPlan | | |
| 81 | | | | | | | | | | | |
| 82 | KPlan | 16 | 1:110 | 1110 | Coefficient k d'un plancher | 1 | | ok | Plan | CoursAFFPopup | |
| 83 | | | | | | | | | K | CoursJBG1Popup | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|-----|----------------|----|-------|------|---|---|--------|----|-------------|---------------------|---|
| 168 | R | 37 | 1:236 | 1236 | Résistance thermique surfacique | 1 | | ok | LambdaPopup | | |
| 169 | | | | | | | | | | | |
| 170 | RPopup | 38 | | 1240 | Résistance thermique surfacique | 1 | x | ok | LambdaPopup | | |
| 171 | | | | | | | | | | | |
| 172 | Flux | 39 | 1:250 | 1250 | Flux thermique à travers un élément de constructio | 1 | | ok | Mat | CoursAFFPopup | |
| 173 | | | | | | | | | | CoursJBG1Popup | |
| 174 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 175 | | | | | | | | | | KPopup | |
| 176 | | | | | | | | | | | |
| 177 | FluxPopup | 40 | | 1260 | Flux thermique à travers un élément de constructio | 1 | x | ok | Mat | KPopup | |
| 178 | | | | | | | | | | | |
| 179 | C | 41 | 1:270 | 1270 | Capacité thermique | 1 | | ok | CalcC | CoursAFFPopup | |
| 180 | | | | | | | | | Mat | CoursJBG1Popup | |
| 181 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 182 | | | | | | | | | | CpPopup | |
| 183 | | | | | | | | | | | |
| 184 | CPopup | 42 | | 1275 | Capacité thermique | 1 | x | ok | Mat | CpPopup | |
| 185 | | | | | | | | | | | |
| 186 | CalcC | 43 | 1:280 | 1280 | Calcul de la capacité thermique effective | 1 | | ok | Mat | CoursAFFPopup | |
| 187 | | | | | | | | | | CoursJBG1Popup | |
| 188 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 189 | | | | | | | | | | CPopup | |
| 190 | | | | | | | | | | LambdaPopup | |
| 191 | | | | | | | | | | CpPopup | |
| 192 | | | | | | | | | | | |
| 193 | Cond | 44 | 1:285 | 1285 | Conduction thermique | 1 | | ok | | FluxPopup | |
| 194 | | | | | | | | | | | |
| 195 | CondPopup | 45 | | 1290 | Conduction thermique | 1 | x | ok | | FluxPopup | |
| 196 | | | | | | | | | | | |
| 197 | Lambda | 46 | 1:295 | 1295 | Coefficient de conductivité thermique lambda | 1 | | ok | Mat | FluxPopup | |
| 198 | | | | | | | | | | | |
| 199 | LambdaPopup | 47 | | 1300 | Coefficient de conductivité thermique lambda | 1 | x | ok | Mat | FluxPopup | |
| 200 | | | | | | | | | | | |
| 201 | Cp | 48 | 1:305 | 1305 | Capacité thermique massique Cp | 1 | | ok | Mat | | |
| 202 | | | | | | | | | | | |
| 203 | CpPopup | 49 | | 1310 | Capacité thermique massique Cp | 1 | x | ok | Mat | | |
| 204 | | | | | | | | | | | |
| 205 | Mat | 50 | 1:320 | 1320 | Matériaux de construction - caractéristiques hygrot | 1 | winMat | ok | | UnitPopup | |
| 206 | | | | | | | | | | LambdaPopup | |
| 207 | | | | | | | | | | CpPopup | |
| 208 | | | | | | | | | | | |
| 209 | | | | | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | | | | | |
| 211 | SIA | 52 | 2:010 | 2010 | Normes SIA en thermique du bâtiment | 2 | | ok | DemChauff | CoursJBG2Popup | |
| 212 | | | | | | | | | IndiceEner | SIALimitePopup | |
| 213 | | | | | | | | | KToit | SIACiblePopup | |
| 214 | | | | | | | | | KMur | | |
| 215 | | | | | | | | | KPlan | | |
| 216 | | | | | | | | | KFen | | |
| 217 | | | | | | | | | | | |
| 218 | SIAPopup | 53 | | 2015 | Normes SIA en thermique du bâtiment | 2 | x | ok | | SIALimitePopup | |
| 219 | | | | | | | | | | SIACiblePopup | |
| 220 | | | | | | | | | | | |
| 221 | SIALimite | 54 | 2:020 | 2020 | Valeur limite SIA - définition | 2 | | ok | DemChauff | CoursJBG2Popup | |
| 222 | | | | | | | | | KToit | SREPopup | |
| 223 | | | | | | | | | KMur | | |
| 224 | | | | | | | | | KPlan | | |
| 225 | | | | | | | | | KFen | | |
| 226 | | | | | | | | | | | |
| 227 | SIALimitePopup | 55 | | 2030 | Valeur limite SIA - définition | 2 | x | ok | | SREPopup | |
| 228 | | | | | | | | | | | |
| 229 | SIACible | 56 | 2:040 | 2040 | Valeur cible SIA - définition | 2 | | ok | DemChauff | CoursJBG2Popup | |
| 230 | | | | | | | | | KToit | | |
| 231 | | | | | | | | | KMur | | |
| 232 | | | | | | | | | KPlan | | |
| 233 | | | | | | | | | KFen | | |
| 234 | | | | | | | | | | | |
| 235 | SIACiblePopup | 57 | | 2050 | Valeur cible SIA - définition | 2 | x | ok | | | |
| 236 | | | | | | | | | | | |
| 237 | | | | | | | | | | | |
| 238 | | | | | | | | | | | |
| 239 | GainsSol | 59 | 3:020 | 3020 | Gains solaires | 3 | | ok | BilanGlobal | CoursJBG2Popup | |
| 240 | | | | | | | | | RaySol | UnitPopup | |
| 241 | | | | | | | | | Fen | | |
| 242 | | | | | | | | | PertesFen | | |
| 243 | | | | | | | | | BilanFen | | |
| 244 | | | | | | | | | FactUtil | | |
| 245 | | | | | | | | | | | |
| 246 | RaySol | 60 | 3:030 | 3030 | Rayonnement solaire | 3 | | ok | GainsSol | CoursAFFPopup | |
| 247 | | | | | | | | | | CoursJBG2Popup | |
| 248 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 249 | | | | | | | | | | AngleIncidencePopup | |
| 250 | | | | | | | | | | | |
| 251 | AngleIncidence | 61 | 3:040 | 3040 | Angle d'incidence du rayonnement solaire | 3 | | ok | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|-----|--------------------|----|-------|------|--|---|---|----|--------------|-----------------|---|
| 252 | | | | | | | | | | | |
| 253 | AngleIncidencePopu | 62 | | 3050 | Angle d'incidence du rayonnement solaire | 3 | x | ok | | | |
| 254 | | | | | | | | | | | |
| 255 | GainsInt | 63 | 3:060 | 3060 | Gains internes | 3 | | ok | BilanGlobal | CoursJBG2Popup | |
| 256 | | | | | | | | | FactUtil | UnitPopup | |
| 257 | | | | | | | | | ExGainsInt | | |
| 258 | | | | | | | | | | | |
| 259 | ExGainsInt | 64 | 3:070 | 3070 | Exemples de gains internes | 3 | | ok | GainsInt | CoursJBG2Popup | |
| 260 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 261 | | | | | | | | | | | |
| 262 | FactUtil | 65 | 3:080 | 3080 | Facteur d'utilisation des gains gratuits | 3 | | ok | BilanGlobal | CoursJBG2Popup | |
| 263 | | | | | | | | | GainsSol | UnitPopup | |
| 264 | | | | | | | | | GainsInt | FactChargePopup | |
| 265 | | | | | | | | | | | |
| 266 | FactUtilPopup | 66 | | 3090 | Facteur d'utilisation des gains gratuits | 3 | x | ok | | FactChargePopup | |
| 267 | | | | | | | | | | | |
| 268 | FactCharge | 67 | 3:095 | 3095 | Facteur de charge | 3 | | ok | | | |
| 269 | | | | | | | | | | | |
| 270 | FactChargePopup | 68 | | 3100 | Facteur de charge | 3 | x | ok | | | |
| 271 | | | | | | | | | | | |
| 272 | Chauffage | 69 | 3:110 | 3110 | Chauffage | 3 | | ok | BilanGlobal | CoursJBG2Popup | |
| 273 | | | | | | | | | DemChauff | UnitPopup | |
| 274 | | | | | | | | | IndiceEner | FracUtilPopup | |
| 275 | | | | | | | | | | FactUtilPopup | |
| 276 | | | | | | | | | | | |
| 277 | DemChauff | 70 | 3:120 | 3120 | Demande d'énergie de chauffage | 3 | | ok | Chauffage | CoursJBG2Popup | |
| 278 | | | | | | | | | IndiceEner | UnitPopup | |
| 279 | | | | | | | | | | SREPopup | |
| 280 | | | | | | | | | | FracUtilPopup | |
| 281 | | | | | | | | | | SIALimitePopup | |
| 282 | | | | | | | | | | SIACiblePopup | |
| 283 | | | | | | | | | | | |
| 284 | IndiceEner | 71 | 3:130 | 3130 | Indice de dépense d'énergie de chauffage | 3 | | ok | Chauffage | CoursJBG2Popup | |
| 285 | | | | | | | | | DemChauff | UnitPopup | |
| 286 | | | | | | | | | | SREPopup | |
| 287 | | | | | | | | | | FracUtilPopup | |
| 288 | | | | | | | | | | SIALimitePopup | |
| 289 | | | | | | | | | | SIACiblePopup | |
| 290 | | | | | | | | | | | |
| 291 | SRE | 72 | 3:140 | 3140 | Surface de référence énergétique | 3 | | ok | Chauffage | CoursJBG2Popup | |
| 292 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 293 | | | | | | | | | | SBPPopup | |
| 294 | | | | | | | | | | | |
| 295 | SREPopup | 73 | | 3145 | Surface de référence énergétique | 3 | x | ok | | SBPPopup | |
| 296 | | | | | | | | | | | |
| 297 | SBP | 74 | 3:150 | 3150 | Surface brute et surface nette de plancher | 3 | | ok | Chauffage | CoursJBG2Popup | |
| 298 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 299 | | | | | | | | | | | |
| 300 | SBPPopup | 75 | | 3155 | Surface brute et surface nette de plancher | 3 | x | ok | | | |
| 301 | | | | | | | | | | | |
| 302 | FracUtil | 76 | 3:160 | 3160 | Fraction utile | 3 | | ok | Chauffage | CoursJBG2Popup | |
| 303 | | | | | | | | | DemChauff | UnitPopup | |
| 304 | | | | | | | | | | | |
| 305 | FracUtilPopup | 77 | | 3170 | Fraction utile | 3 | x | ok | | | |
| 306 | | | | | | | | | | | |
| 307 | | | | | | | | | | | |
| 308 | | | | | | | | | | | |
| 309 | PertesToit | 79 | 4:020 | 4020 | Pertes par le toit | 4 | | ok | BilanGlobal | UnitPopup | |
| 310 | | | | | | | | | Toit | KPopup | |
| 311 | | | | | | | | | | | |
| 312 | PertesMur | 80 | 4:030 | 4030 | Pertes par les murs | 4 | | ok | BilanGlobal | UnitPopup | |
| 313 | | | | | | | | | Mur | KPopup | |
| 314 | | | | | | | | | | | |
| 315 | PertesPlan | 81 | 4:040 | 4040 | Pertes par le plancher | 4 | | ok | BilanGlobal | KPopup | |
| 316 | | | | | | | | | Plan | | |
| 317 | | | | | | | | | | | |
| 318 | PertesFen | 82 | 4:050 | 4050 | Pertes par les fenêtres | 4 | | ok | BilanGlobal | UnitPopup | |
| 319 | | | | | | | | | Fen | KPopup | |
| 320 | | | | | | | | | GainsSol | | |
| 321 | | | | | | | | | BilanFen | | |
| 322 | | | | | | | | | | | |
| 323 | RenAir | 83 | 4:055 | 4055 | Renouvellement d'air | 4 | | ok | PertesRenAir | CoursAFPpopup | |
| 324 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 325 | | | | | | | | | | SIAPopup | |
| 326 | | | | | | | | | | | |
| 327 | PertesRenAir | 84 | 4:060 | 4060 | Pertes par renouvellement d'air | 4 | | ok | BilanGlobal | CoursAFPpopup | |
| 328 | | | | | | | | | RenAir | UnitPopup | |
| 329 | | | | | | | | | | CondPopup | |
| 330 | | | | | | | | | | | |
| 331 | | | | | | | | | | | |
| 332 | BilanGlobal | 86 | 5:020 | 5020 | Bilan thermique global d'un bâtiment | 5 | | ok | | CoursJBG2Popup | |
| 333 | | | | | | | | | | UnitPopup | |
| 334 | | | | | | | | | | FactUtilPopup | |
| 335 | | | | | | | | | | FactChargePopup | |

