

Journée thématique SFT- IBPSA, Chambéry, mars 2006

**Efficacité énergétique des bâtiments
Vers des bâtiments autonomes en énergie**

**Des éco-techniques
à l'éco-conception des bâtiments**

**Bruno PEUPORTIER
École des Mines de Paris – CEP**



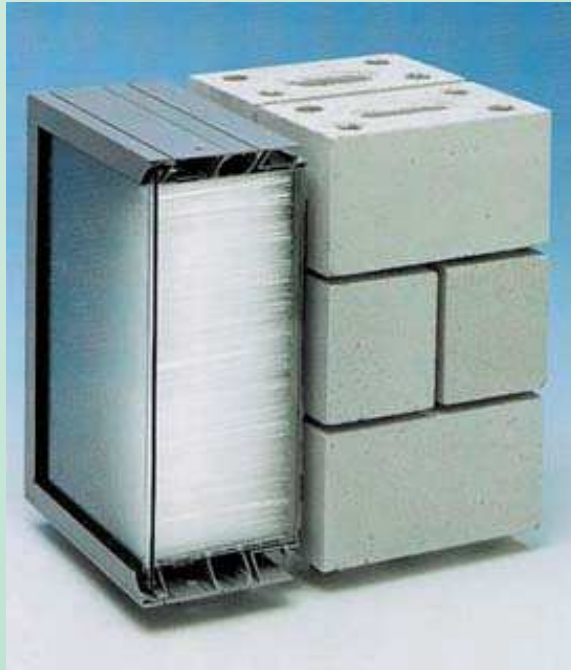
Définitions

- ▶ **Éco-techniques** : techniques réduisant les impacts environnementaux, en particulier la consommation d'énergie
- ▶ **Exemples** : isolation, capteurs solaires thermiques et photovoltaïques, éclairage naturel, échangeurs air-sol...
- ▶ **Éco-conception** : intégration des aspects environnementaux dans la conception
- ▶ **Niveau composants et niveau bâtiment, quartier...**
- ▶ **Bilans énergétiques et bilans environnementaux**
- ▶ **Évaluation et aide à la conception**

Quelques travaux effectués au CEP

- ▶ Isolation transparente et murs solaires (Trombe)
- ▶ Préchauffage d'air neuf, vérandas et balcons vitrés
- ▶ Eau chaude sanitaire solaire
- ▶ Eclairage naturel
- ▶ Systèmes photovoltaïques, éventuellement hybrides (valorisation thermique par l'air)
- ▶ Echangeurs air / sol (« puits canadiens »)
- ▶ Chaînage des modèles -> bilan énergétique
- ▶ Chaînage avec l'ACV et extension aux quartiers

Isolation transparente

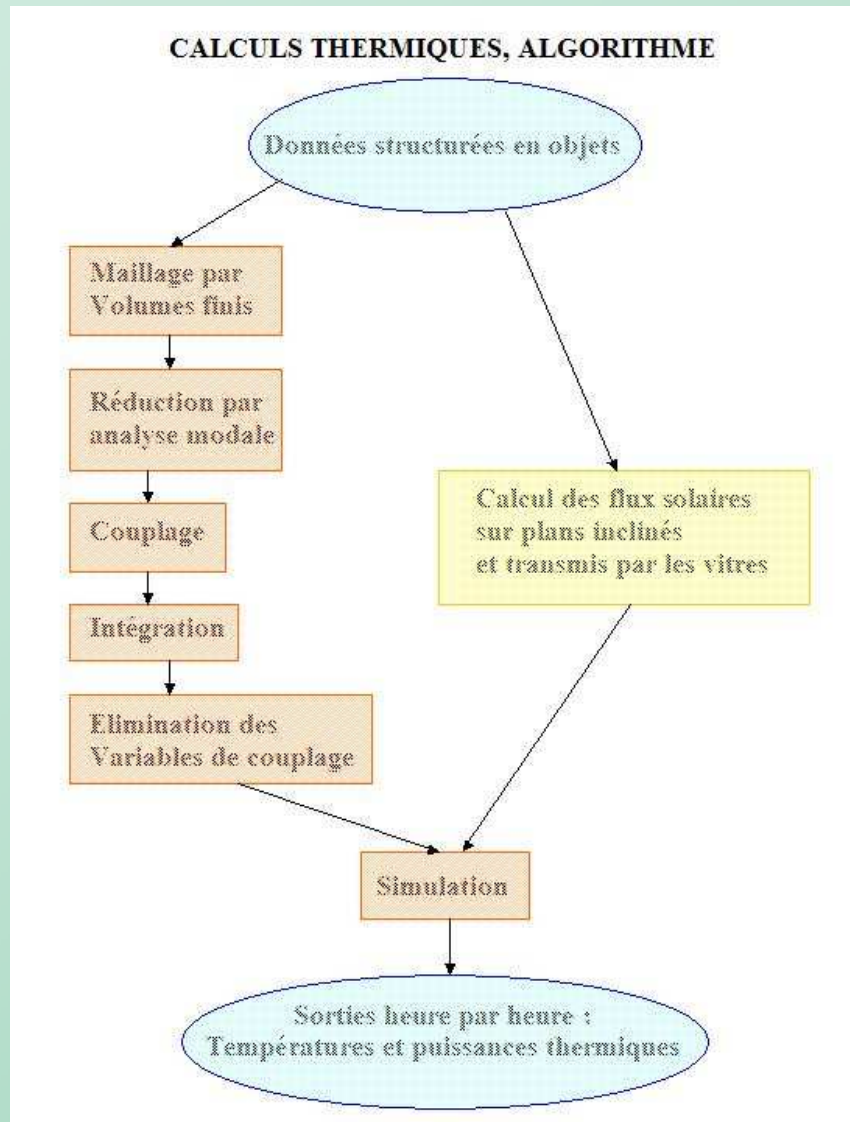


Architecte : Jacques Michel

**Lotissement HLM
à Mouzon (Ardennes)
fraction solaire 35%
60 kWh/m²/an (1992)
Simulation dynamique
Logiciel COMFIE**



Algorithme, volumes finis et réduction modale



$$C \cdot dT / dt = A \cdot T + E \cdot U$$

$$Y = J \cdot T + G \cdot U$$

$$T = T_0 - A^{-1} \cdot E \cdot U$$

(T_0 = partie dynamique)

$$dT_0/dt = C^{-1} \cdot A \cdot T_0 + A^{-1} \cdot E \cdot dU/dt$$

$$Y = J \cdot T_0 + (G - J \cdot A^{-1} \cdot E) \cdot U$$

Plusieurs thèses

Préchauffage d'air (vérandas, belcons vitrés)



**Réhabilitation à Montreuil (93)
1969, réhabilité en 2002
160 -> 80 kWh/m²/an
Isolation extérieure
Vitrages basse émissivité +
argon**

Projet européen SOLANOVA, Hongrie, 2005



Ventilation double flux
Traitement des ponts thermiques
Objectifs : 30 kWh/m²/an
35 kg CO₂/m²/an



Eau chaude sanitaire solaire



**Architecte :
Jérôme Brullé
M'ARCHE
2005**

**Projet européen
Eco-housing**

**Immeuble HLM à Montreuil (93)
Besoins de chauffage : 50 kWh/m²/an, 30 kg CO₂/m²/an
84 m² de capteurs solaires, 42 appartements**

Eclairage naturel

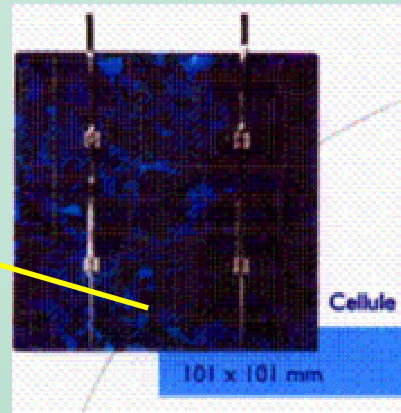
Groupe scolaire bioclimatique à Baigneux (1995)



Architecte : Jean Bouillot
Besoins de chauffage :
50 kWh/m²/an
Calcul éclairage naturel
et artificiel (LUMEN)



Photovoltaïque intégré aux bâtiments



Production d'électricité en fonction de la température

Captage, stockage et distribution de chaleur

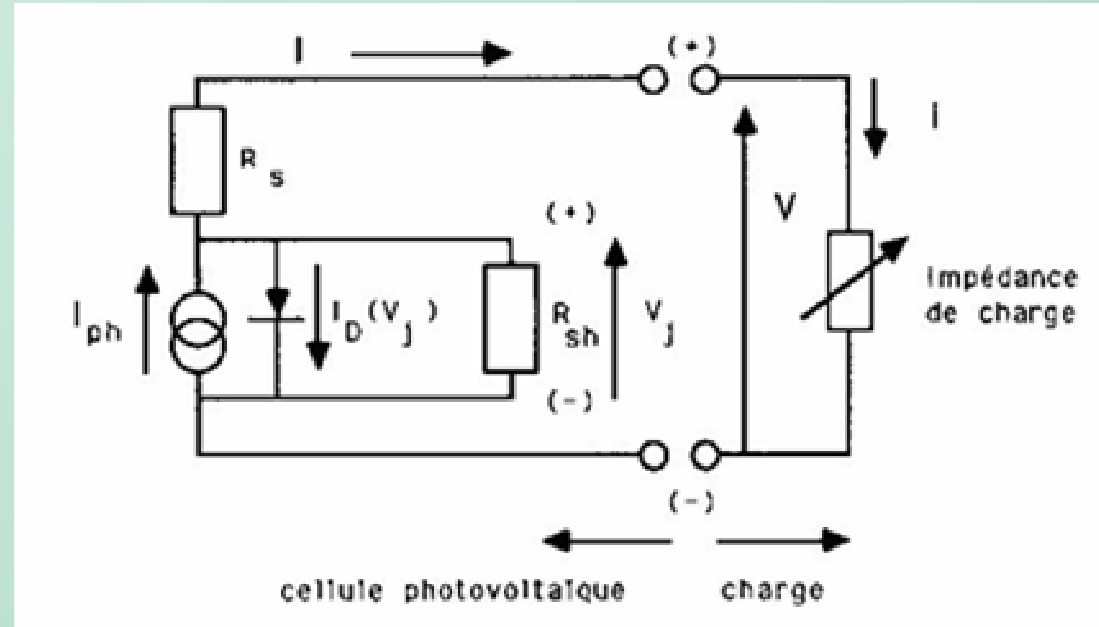
Chaînage de différents modèles (phénomènes couplés)

Amélioration du modèle d'écoulement d'air (Univ. de Cergy) et du modèle de composant photovoltaïque (INSA de Lyon), GAT Habitat PRI 6.2

Collecte de données d'analyse de cycle de vie

Temps de retour énergétique des modules : de 3 à 7 ans (fabrication, intégration)

Modélisation d'une cellule photovoltaïque



$$I = \alpha GS - I_0(T) \left\{ \exp \left[\frac{q}{\gamma k T} (V + IR_S) \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_S}{R_{SH}}$$

**Interaction avec les aspects thermiques :
température de jonction
Thèse sur l'intégration aux bâtiments**

Echangeurs air / sol

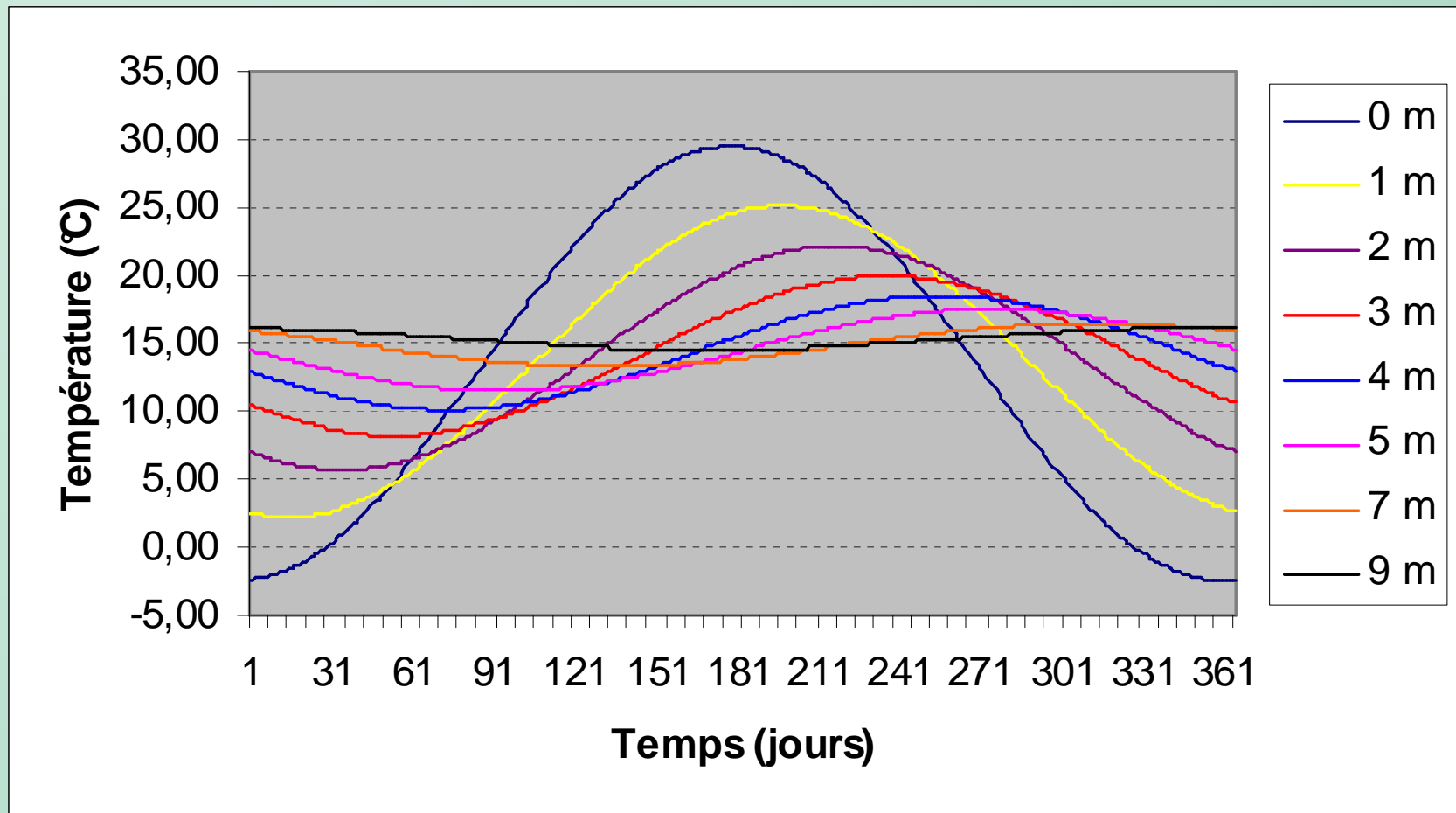


**Maison de retraite à
Presles (95), 2004
Modèle de sol, collab.
avec INSA Toulouse
Maillage
Simulation dynamique**

**Salle de 240 m²
8 tubes de 40 m de long
à 1,6 m de profondeur
0,9 (hiver) à 1,5 (été) vol/h
150 -> 30 degrés jours
d'inconfort (base 24°C)**

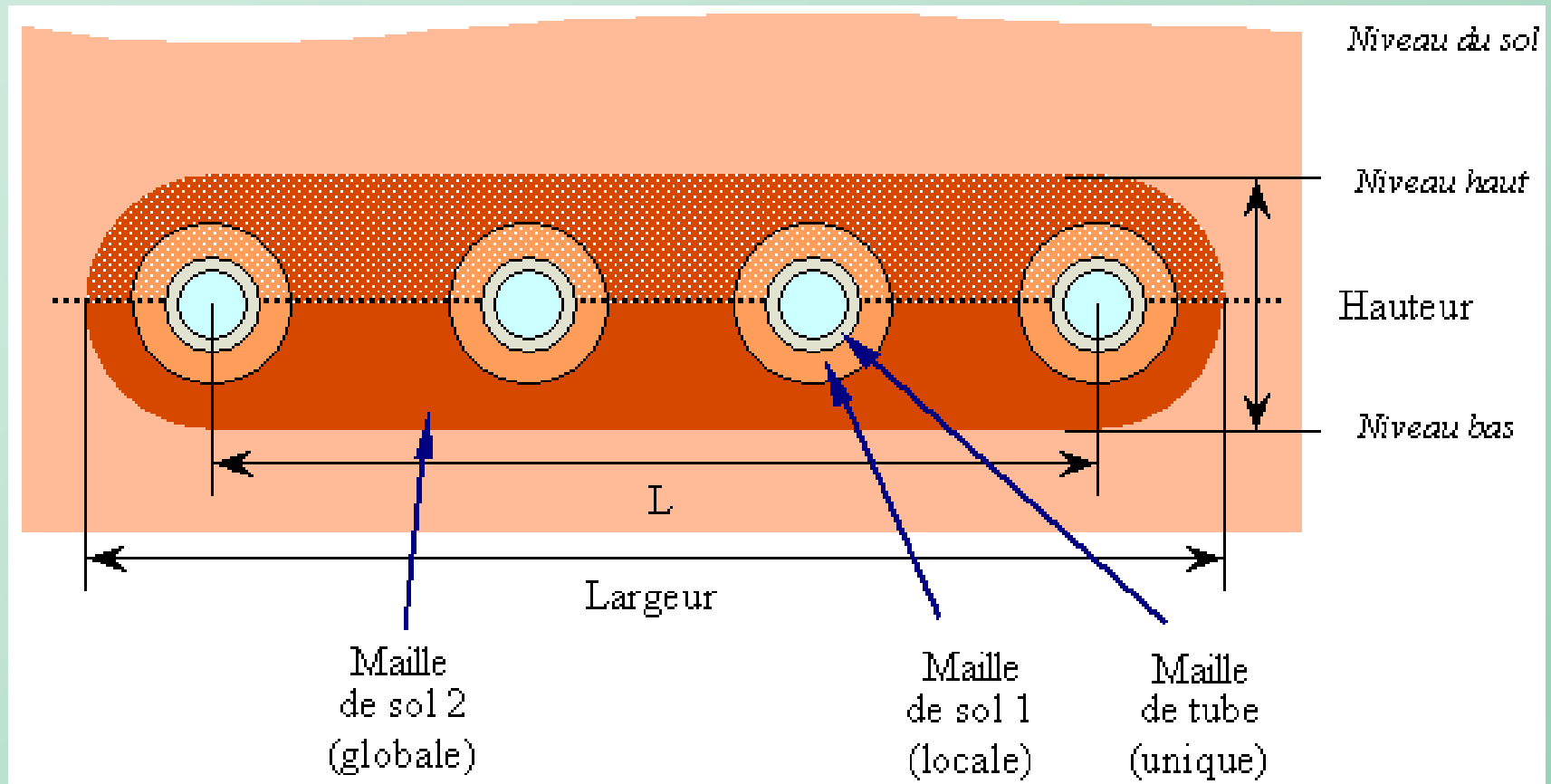


Modélisation du sol



Approximation sinusoïdale, massif semi-infini

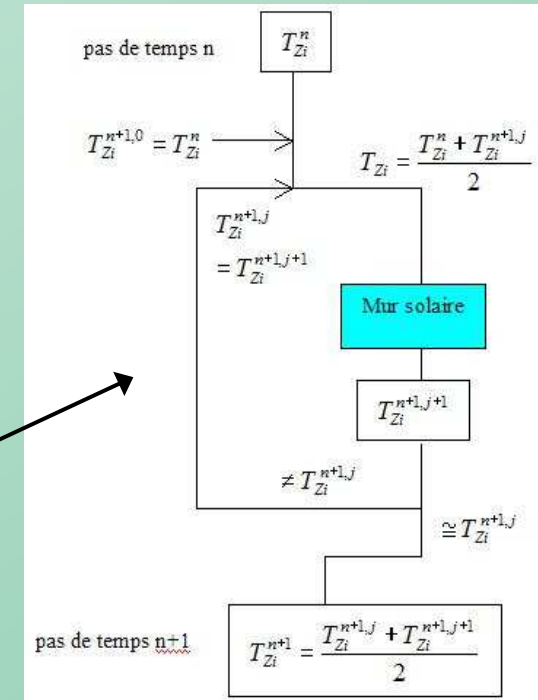
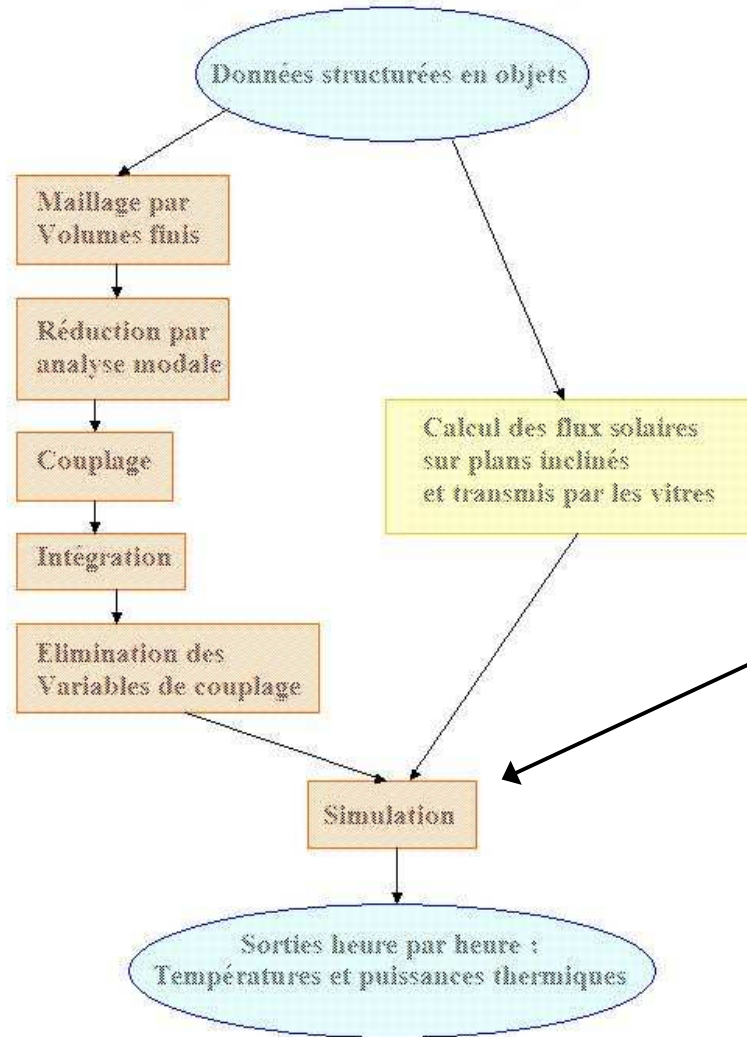
Maillage du système étudié (sol + tubes enterrés)



Thèse en cours, validation du modèle et intégration dans des bâtiments à « énergie positive »

Couplage modèles composants - bâtiments

CALCULS THERMIQUES, ALGORITHME



**Programmation
orientée objets
-> capitalisation**

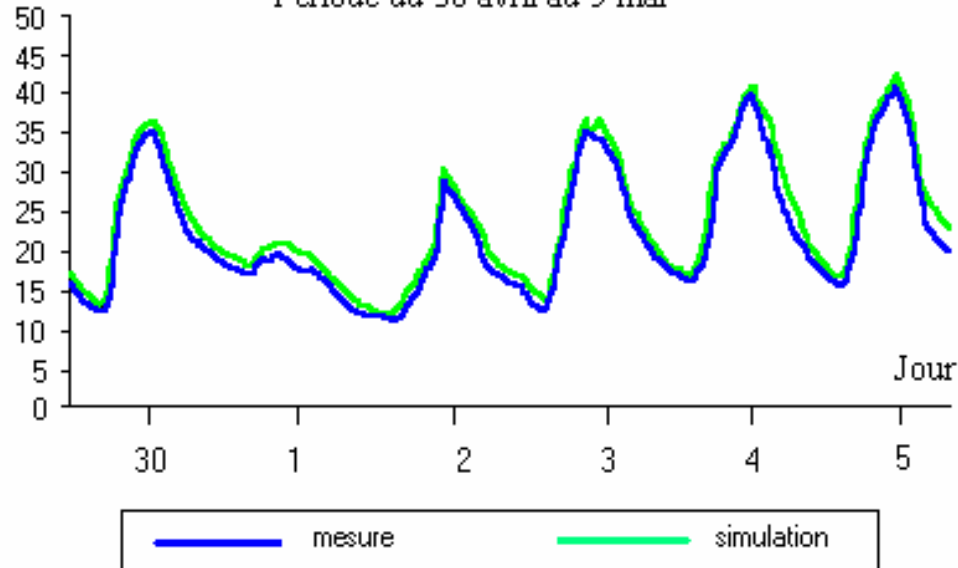
Principales limites des modèles

- ▶ **Locaux de grande hauteur, stratification**
- ▶ **Mouvements d'air**
- ▶ **Humidité, échanges enthalpiques**
- ▶ **Composants non pris en compte (matériaux à changement de phase, co-génération...)**
- ▶ **Couplage de plusieurs systèmes, par exemple PV hybride + échangeur air / sol**

Validation, cas des bâtiments à faibles besoins ?

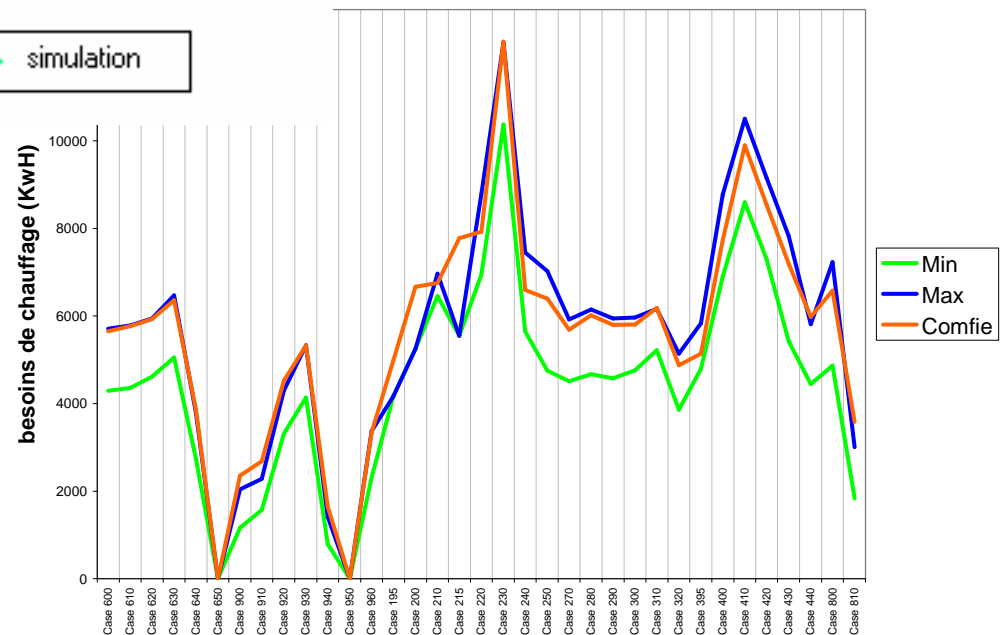
temperature [°C]

Mesures CEN Cadarache, cellule test avec véranda
Période du 30 avril au 5 mai



Comparaison
à des mesures
sur cellule test
avec véranda
CEN-Cadarache

Comparaison avec 8
codes (TRNSYS, DOE,
SUNREL, ESP,...) 35
cas : +14% / moyenne,
+2% / maximum



Standard « maisons passives »

Résidence Salvatierra, Rennes



Architecte : Jean-Yves Barrier

Objectif : Besoins de chauffage < 15 kWh/m²/an

Résultat des mesures (INSA de Rennes) : 41 kWh/m²/an

Analyse : ventilation double flux, façade en bauge ?

Maisons à énergie positive, Freiburg



Énergie		Level-linge
Fabricant Modèle		
Économique		A
Peu économique		
Consommation d'énergie kWh/cycle		0.95
<small>(Ceci est le résultat de calculs effectués en fonction des caractéristiques techniques du produit, dans des conditions de test normalisées. La consommation réelle dépendra des conditions d'utilisation réelles.)</small>		
Efficacité de lavage (à plus élevé)	à plus élevé	A meilleur
Efficacité d'essorage (à plus élevé)	à plus élevé	B meilleur
Vitesse d'essorage (tr/min)		1200
Capacité (blanc kg)		5,0
Consommation d'eau L		48
Bruit (dB(A) re 1 pW)	Lavage	51
	Essorage	65
<small>Norme EN 50499 Directive 2002/95/CE (RoHS) et Directive 2006/66/CE (Batteries)</small>		

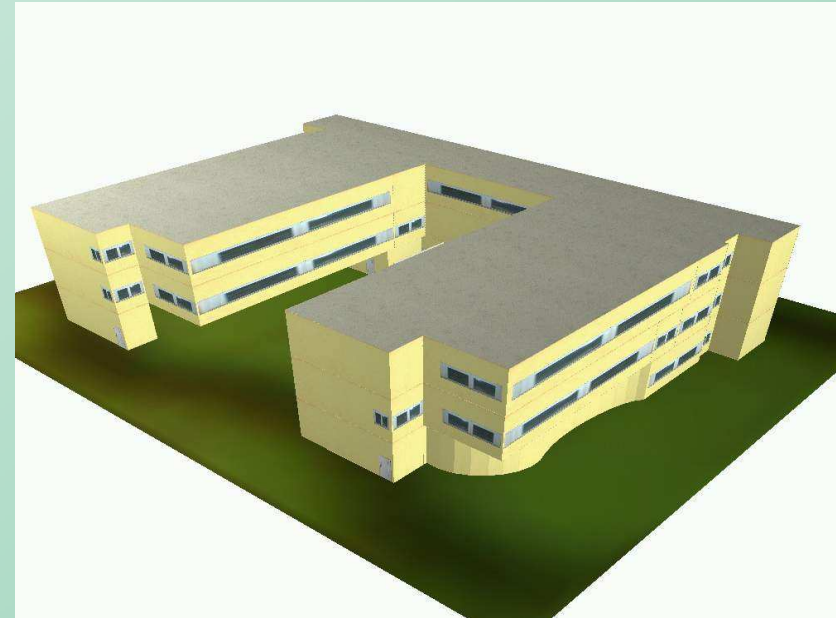
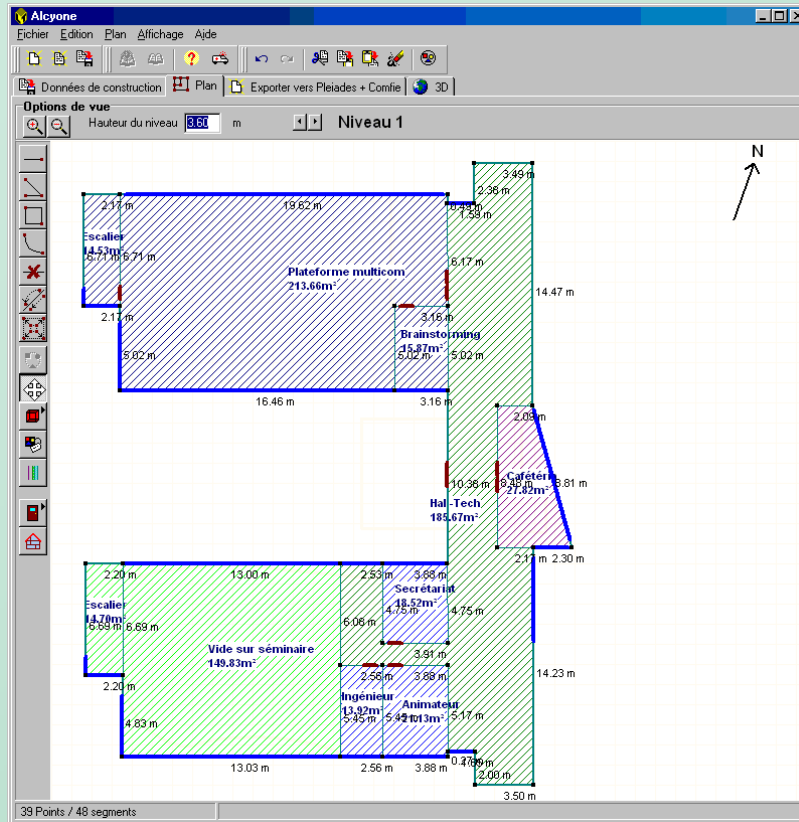
Architecte : Rolf Disch

Besoins de chauffage mesurés (Inst. Fraunhofer) : 11 kWh/m²/an

Les bâtiments produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment

Réduire les coûts et les impacts environnementaux,
améliorer le confort

De l'évaluation à l'aide à la conception



Interface utilisateurs,
ALCYONE

Quelques journées de travail pour un projet
Intérêt : comparaison de variantes
Travail dès l'esquisse

Interface utilisateurs, PLEIADES

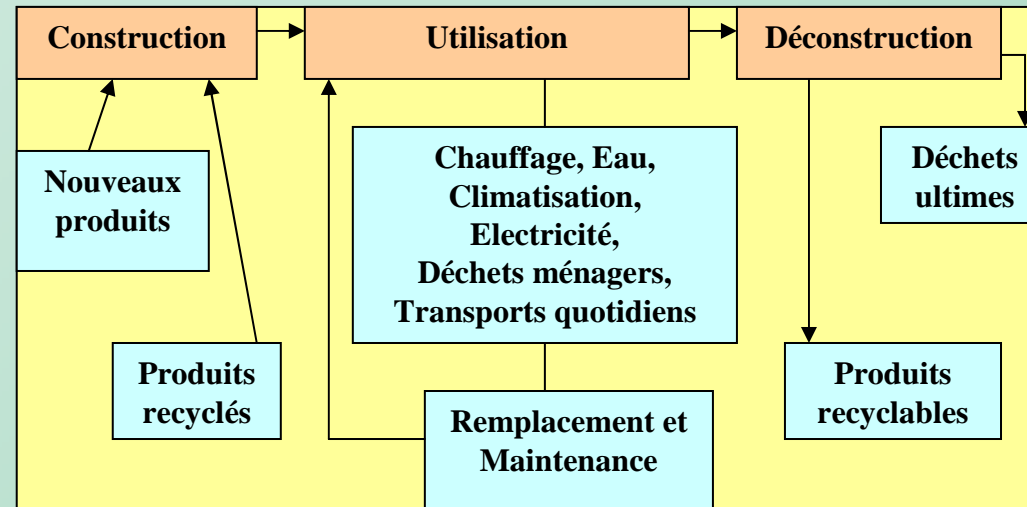
The screenshot displays the PLEIADES software interface, which is used for building energy simulation. The main window shows a project named "Tutorial" with a "Base" variant. The interface is divided into several panels:

- Building:** A tree view on the left lists building components: Livingroom (Wall 1/1 to 1/6, Floor 1/7, Roof 1/8) and GreenHouse.
- Rooms and contacts:** A panel on the right showing "Mur d'entrée" and "Débord du toit".
- Walls characteristics:** A panel on the right showing "Characteristics of the integrated shading" with fields for Left distance (0.5 m), Right distance (0.5 m), Top distance (0.5 m), Left projection (0.5 m), Right projection (0.5 m), and Top projection (0.5 m).
- Shading tools:** A dialog box in the foreground showing "Visualization of the effect of the shading". It includes input fields for Latitude (44), Orientation of the wall (0), Slope (90), Window Width (100 cm), and Window Height (100 cm). The "Meteorological station" is set to "Clear sky". The graph shows monthly solar radiation (kWh/m²/Month) from Jan to Dec, with shaded areas (yellow) and non-shaded areas (green). The y-axis ranges from 0 to 150 kWh/m²/Month.
- Caractéristiques du masque intégré:** A panel on the right showing "Caractéristiques du masque intégré" with fields for Distance gauche (0.5 m), Distance droite (0.5 m), Distance supérieur (0.5 m), Débord gauche (0.5 m), Débord droit (0.5 m), and Débord supérieur (1 m).

The interface also includes a taskbar at the bottom with icons for Démarrer, Explorateur, Pleiades 2.04, and Microsoft Photo Editor. The system tray shows the date and time: 15 Avril 14:24.

Aspect environnemental – ACV du bâtiment

► Outil de simulation de cycle de vie de bâtiment : EQUER



► Intégration de nouveaux composants

- Collecte de données

► Extension à l'échelle du quartier

- Projet ADEQUA, logiciel ARIADNE

► 2 thèses

Conclusions et perspectives

- ▶ **Outils opérationnels, adaptés aux pratiques professionnelles (BET, Architectes)**
- ▶ **130 utilisateurs, formations**
- ▶ **Limites (espaces stratifiés, équipements)**
- ▶ **Améliorations possibles (diffus non isotrope, humidité, masques réfléchissants...)**
- ▶ **Ajout de composants (solaire thermique, puits canadiens)**
- ▶ **Chaînage entre différentes évaluations (thermique, ACV, éclairage, acoustique, coûts...)**