



# Murs solaires à isolation renforcée

Bruno PEUPOURTIER et Alain GUIAVARCH      Henri SACCHI et Bruno MARCONATO

École des Mines de PARIS, Centre Énergétique et Procédés      SOGEA Construction

## Motivations:

Les murs solaires constituent une alternative à l'isolation opaque, applicable en construction neuve (valorisation énergétique des façades double peau) et en réhabilitation (isolation par l'extérieur et apports passifs).

Par rapport à l'isolation par l'intérieur, la technique des murs solaires ne réduit pas la surface habitable et permet de traiter certains ponts thermiques. Elle laisse les anciennes façades apparentes contrairement à l'isolation opaque par l'extérieur.

## Objectifs:

Il convient d'actualiser les concepts développés dans les années 60 en intégrant des innovations apparues au niveau des matériaux et de la ventilation, en particulier :

- vitrages (basse émissivité, remplissage par gaz rare ou isolant sous vide, faible teneur en oxydes métalliques, triple vitrage, vitrages photovoltaïques),
- matériaux capacitifs (béton lourd ou maçonnerie, éventuellement matériaux à changement de phase) et revêtements (peintures ou surfaces sélectives),
- ventilations (systèmes hygro-réglables).

L'objectif est d'élaborer des produits nouveaux en améliorant le système du mur solaire, mais aussi de développer un outil d'aide à la conception de manière à accompagner la diffusion de ce produit.

## Perspectives:

Une productivité de l'ordre de 200 kWh/m<sup>2</sup>/an est visée, ainsi qu'un niveau de confort thermique satisfaisant. Le composant peut également améliorer le confort acoustique en assurant une protection supplémentaire aux bruits extérieurs. La double peau permet d'autre part d'évacuer une humidité éventuelle dans le mur. L'emploi d'un vitrage photovoltaïque peut assurer une production combinée de chaleur et d'électricité. La réduction des impacts environnementaux a été évaluée par la méthode d'analyse de cycle de vie. Grâce à l'outil de simulation, le concept peut être adapté à chaque cas selon le climat, le site et les caractéristiques du bâti.

Ces travaux permettent de préparer des opérations de démonstration.

## Conclusions:

L'ensemble logiciel PLEIADES-COMFIE permet d'évaluer la performance thermique d'un bâtiment comportant des murs solaires, constituant ainsi un outil d'aide à la conception.

La productivité annuelle de ces composants (façade sud bien exposée) varie entre 150 et 225 kWh/m<sup>2</sup> selon la surface mise en œuvre par rapport à la taille du bâtiment, les caractéristiques des vitrages employés et la ventilation (le préchauffage d'air neuf étant le plus favorable). Le surcoût par rapport à une réhabilitation classique (isolation par l'extérieur), est de l'ordre de 290 €/m<sup>2</sup>, ce qui est compensé par les économies d'énergie.

## Procédure expérimentale:

La recherche a comporté quatre phases :

- élaboration d'un modèle de composant intégré dans un outil de simulation thermique des bâtiments,
- évaluation des performances pour différentes configurations de murs solaires, différents types de vitrages, de maçonneries et de systèmes de ventilation,
- chiffrage du coût d'un prototype, en liaison avec une entreprise de construction et différents industriels concernés,
- évaluation environnementale et socio-économique du concept, diffusion des résultats.

### Typologie – Différents types d'intégration

### Couplage systèmes solaires et bâtiment

### Evaluation du potentiel

- Une maison bien exposée en Ile de France reçoit, sur une saison de chauffe, un rayonnement solaire de l'ordre de 8 fois supérieur à ses besoins de chauffage (1,5 fois en décembre)
- Seulement 2 à 5% de l'énergie solaire reçue est valorisée actuellement
- Peut-on valoriser cette énergie plus efficacement ?
  - Utilisation de vitrages isolants ou d'isolants transparents
  - Stockage de l'énergie, relève des gains directs par les vitrages en soirée

### Modélisation – Solaire thermique à air

Modèle de capteur à air

Transfert convectif entre le capteur et l'air en mouvement :  $h_{ca} \frac{dT_{ca}}{dx} = h_{ca} A_c (T_{ca} - T_a) + h_{ca} A_{ext} (T_{ca} - T_{ext})$

avec :  $h_{ca}$  : coefficient convectif de l'air dans le collecteur (W/m<sup>2</sup>.K)  
 $T_a$  : température ambiante de l'air (K)  
 $C_p$  : chaleur spécifique de l'air (J/kg.K)  
 $\rho$  : densité de l'air (kg/m<sup>3</sup>)  
 $A_c$  : surface de la couverture (resp. de l'absorbeur)  
 $A_{ext}$  : surface de la couverture (resp. de l'absorbeur)

Élan des flux thermiques aux trois niveaux de température  $T_a$ ,  $T_c$  et  $T_{ca}$  :  $h_{ca} A_c (T_{ca} - T_a) = h_{ca} A_c (T_{ca} - T_c)$   
 $h_{ca} A_c (T_{ca} - T_a) = h_{ca} A_c (T_{ca} - T_c)$   
 $h_{ca} A_c (T_{ca} - T_a) = h_{ca} A_c (T_{ca} - T_c)$

### Aspect environnemental – ACV du bâtiment

Outil de simulation de cycle de vie de bâtiment : EQUER

Intégration de composants solaires

- Collecte de base de données
- vitrages
- polycarbonate

## Résultats marquant obtenus:

### Application – Cas d'étude

Immeuble HLM de 52 logements

Maison individuelle

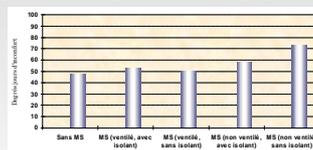
Bâtiment résidentiel

Le temps de retour diminue avec l'augmentation des coûts des énergies, et pourrait être réduit grâce à des dispositifs d'aide.

### Résultats de l'analyse thermique

Immeuble HLM, réduction des besoins de chauffage

En façade sud, la double peau avec préchauffage de l'air neuf est plus efficace qu'une isolation opaque.



Un niveau de confort thermique d'été satisfaisant peut être obtenu par la ventilation de la double peau.



Double peau photovoltaïque à Trondheim, Norvège : entrée d'air neuf située sous la lame d'air de la double peau



Double peau photovoltaïque à Trondheim, Norvège : des ouvrants abattants renforcent la circulation d'air en été