

## Maison d'hiver, maison de fer ...

... ou la tenue thermomécanique des panneaux d'isolation thermique des bâtiments par l'extérieur.

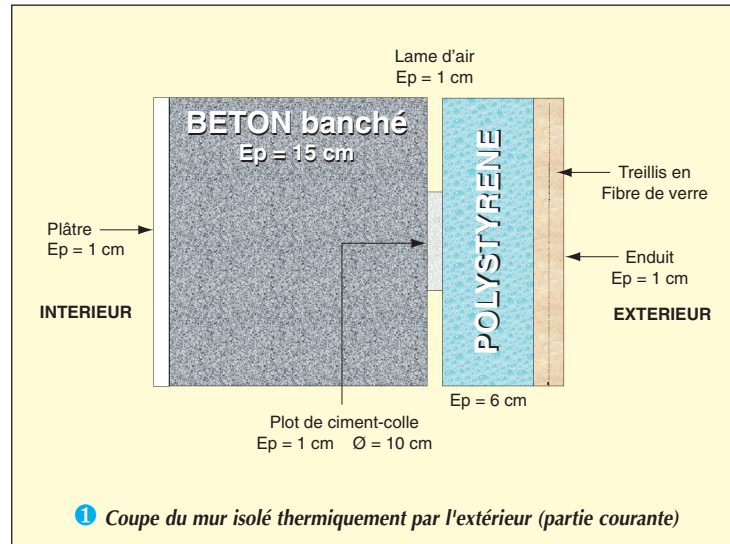
Une application *Aster* liée à l'usage de l'électricité dans le chauffage du résidentiel pour évaluer l'effet du chargement climatique sur les matériaux d'isolation thermique.

En 1999, le chauffage des 24 millions de résidences principales françaises est intervenu pour 31,5 Mtep dans le bilan énergétique primaire global de 255 Mtep. La Réglementation Thermique 2000 qui a encore durci les exigences d'isolation du bâti vise la réduction supplémentaire de ce poste. EDF-R&D en s'attaquant aux déperditions par ponts thermiques des isolations par l'extérieur (ITE) du bâti neuf (où le mode électrique du chauffage individuel est prépondérant), entend rendre ses offres électriques plus crédibles et plus compétitives par rapport au gaz.

L'étude *Aster* présentée ici concerne l'autre vertu de toute ITE par plaques de polystyrène expansé : sa durée de vie. Une pérennité compromise par les dilatations et les contraintes d'origine climatiques subies dans le temps par la couche d'enduit de revêtement au droit des jonctions des plaques. La saison de construction et d'exploitation influence notamment sa tenue mécanique car la température à la mise en œuvre des matériaux devient la référence à partir de laquelle ces derniers joueront thermiquement suivant la température ambiante.

### Le mur ITE

La figure 1 détaille la coupe la coupe d'un mur ITE multicouches de logements collectifs (épaisseur totale 23 à 24 cm). Les concepteurs redoutent deux zones critiques thermomécaniquement pénalisantes : la partie courante du mur et les angles entrants au creux desquels les



maîtres d'œuvre chassent la propagation de fissures en harpant les panneaux de polystyrène.

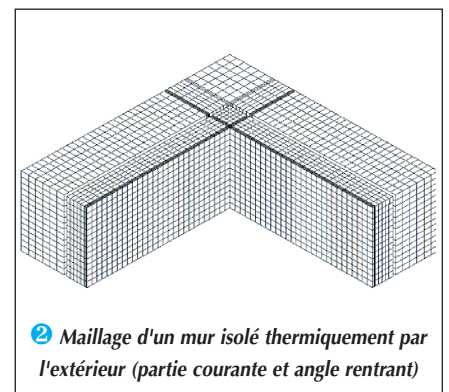
On s'intéresse au comportement élastique stationnaire de l'isolation de ces deux zones avec ses panneaux placés en quinconce (rupture des couches de matériaux, décohésion à l'interface enduit-polystyrène) et notamment au travail et à la tenue de la pellicule d'enduit placée au dessus des jonctions entre panneaux. L'étude est croisée : construction/comportement en fonction des saisons hiver/été.

Les opérateurs *Aster* calculent les contraintes maximales de traction dans chaque matériau des trois couches constituant le mur (béton + polystyrène + enduit, le plâtre intérieur est ignoré car jugé non influent) et de cisaillement aux interfaces plot/polystyrène/enduit.

Les panneaux modélisés font 1 m x 0,5 m (1/4 des panneaux réels fixés par 8 plots en 2 rangées de 4), dimensions de modèle qui restituent le montage en quinconce. Le renfort-grillage régulier en fil de verre à mailles carrées noyé dans la couche d'enduit est pris en compte par homogénéisation.

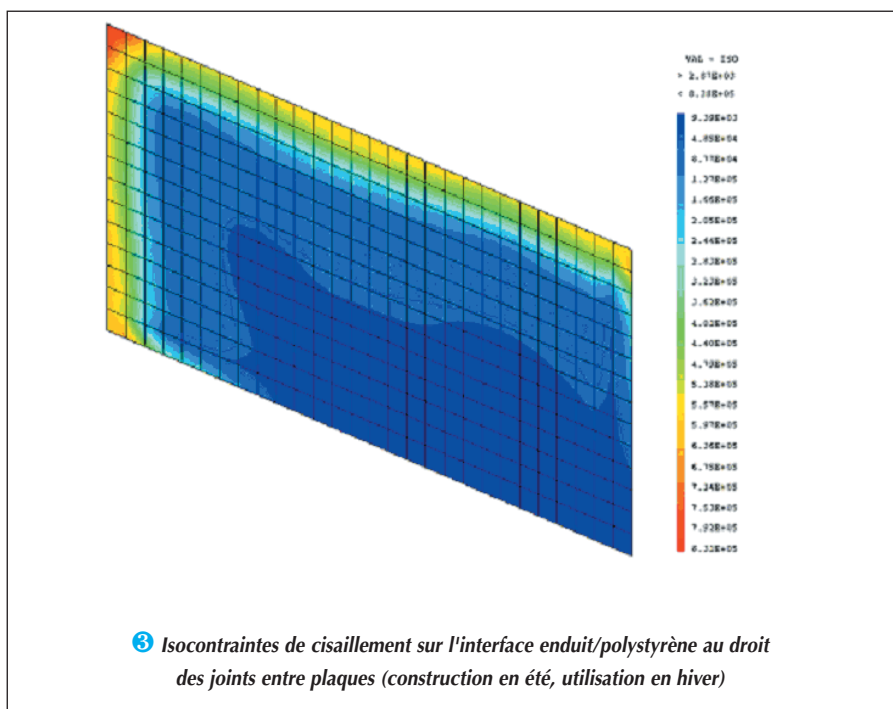
Les élément finis 3D, portés par des maillages produits avec GIBI (mailleur de Castem 2000) sont, pour les modèles du mur, des plots et du polystyrène, de type volumiques et surfaciques à interpolation

linéaire (conditions aux limites de convection) à 3 ddl par nœud. Pour le renfort de fibres de verre, on emploie des éléments de type Barre à section circulaire.



La modélisation des conditions de déplacements au droit des interfaces du mur ITE et des jonctions entre plaques de polystyrène, aussi bien en mur courant qu'en angle rentrant, suivant le chargement climatique tirent partie des possibilités de combinaison des conditions aux limites et de déplacements imposés disponibles dans le *Code\_Aster*. La mécanique du système étant essentiellement pilotée par la dilatation thermique du polystyrène.

## Maison d'hiver, maison de fer ... (suite)



En mur courant, le cisaillement maximal apparaît l'hiver sur les zones de contact entre des panneaux de polystyrène voisins ③ et provoquent au droit des joints entre plaques des efforts de traction et de cisaillement dans la couche d'enduit. En se contractant les panneaux se disjointent, ce que l'enduit continu va contre-carrer. A l'inverse, en construction hivernale, les maxima se déplacent au droit des plots de colle ④ ; l'été, les panneaux se dilatent et le cisaillement qui s'établit à l'interface plots-polystyrène entraîne un décollement se transmettant à l'enduit par continuité du milieu.

Pour les coins entrants les valeurs maximales apparaissent sur les bords coïncidant avec des lignes de contact entre des panneaux de polystyrène voisins au sommet du coin. Ceux-ci en se contractant ont tendance ici aussi à se disjointre ; ce que l'enduit continu va également contre-carrer. ■

Les configurations de conditions aux limites et de chargements de cette étude ont mis en évidence des insuffisances de convergence des éléments Aster de contact unilatéral (ces éléments seront résorbés en version 6 du code au profit de modélisations du contact disponibles dans la commande Aster d'affectation de caractéristiques à des éléments de structure AFFE\_CARA\_ELEM). La solution de contournement employée a consisté à simuler les contacts lors de la contraction du polystyrène en les dissociant de la matière et en reportant les transmissions des efforts à la couche d'enduit sur les conditions aux limites.

Les caractéristiques physiques (Young, Poisson, coefficient de dilatation, masse volumique, conductivité thermique, chaleur massique) du béton, du mortier-colle, du polystyrène, de l'enduit, du verre, ainsi que les données thermiques (convection naturelle, coefficients d'échange) proviennent d'une étude EDF-R&D générique amont sur la thermomécanique du mur ITE. La température côté

logement est de 20°C et à l'extérieur de 5°C en hiver et 30°C en été.

**La situation la plus pénalisante est la construction estivale et l'utilisation hivernale**

