



Impact des transferts de masse sur le transfert de chaleur.

Un contexte qui suscite de nouveaux besoins.

En un peu plus de trente ans d'isolation, les flux de chaleur traversant les parois ont été divisés par 10.

→ Besoin de revoir les hypothèses de calcul de ces flux.

Développement de super-isolants dont la performance thermique dépend principalement du comportement vis-à-vis des transferts de masse.

→ Besoin de savoir-faire spécifiques pour évaluer ces matériaux.

Existence d'outils de simulation des transferts couplés de masse et de chaleur, mais surtout utilisés pour des analyses du risque de condensation.

→ Besoin de les évaluer dans une approche thermique.

1

Évaluation de l'impact des transferts de masse sur la performance thermique des composants d'enveloppe fortement isolés.
Projet « Bâtiment 2010 » : 2003 – 2005.

CSTB
le futur en construction

Lmdc
toulouse



LABORATOIRE INTERETABLISSEMENTS
TREFLE



Structure du projet.

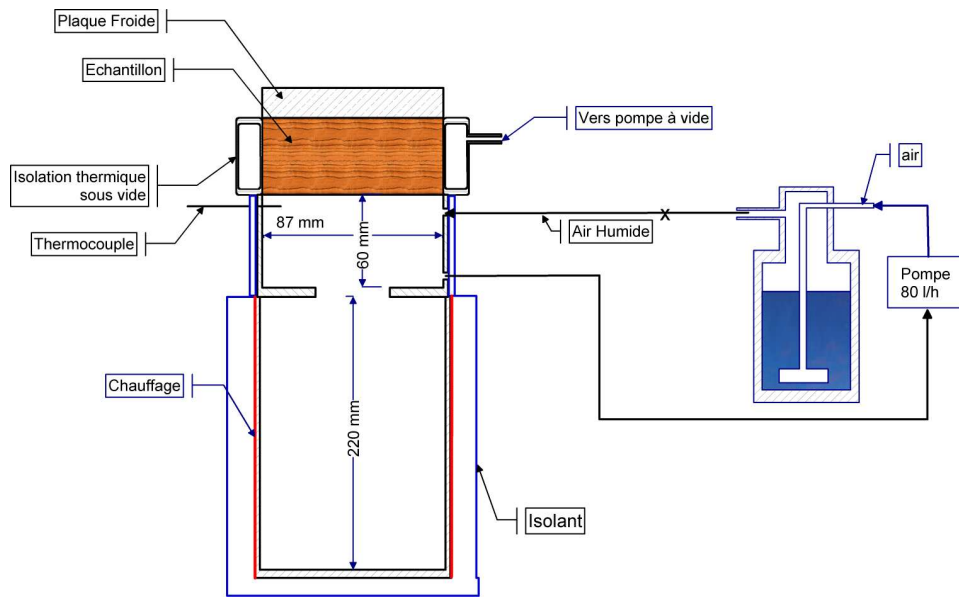
Validation des outils disponibles.

Retour d'expérience et modifications.

Mise en œuvre des outils dans trois configurations.

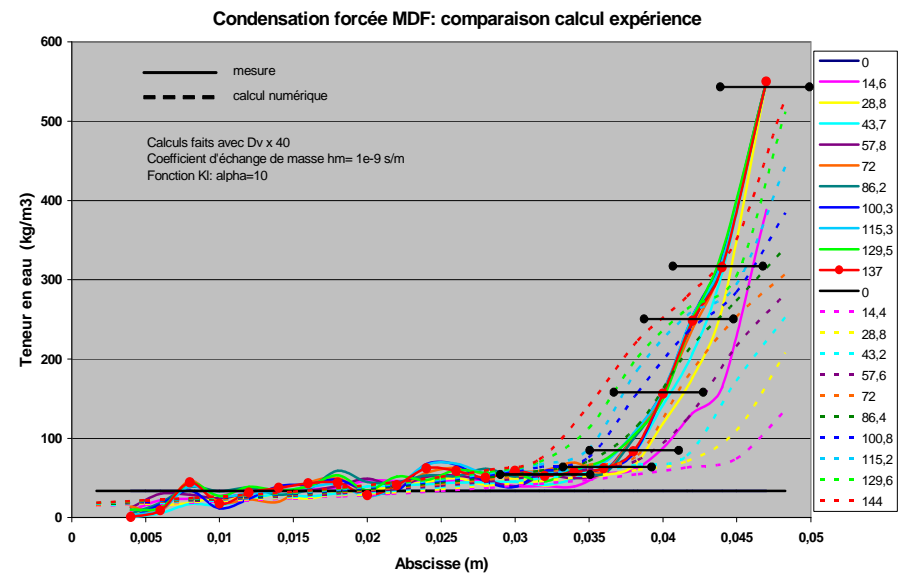
Identification et quantification des phénomènes et des mécanismes de transferts de masse qui affectent le transfert de chaleur.

Validation des outils. Suivi, par gammamétrie, d'une expérience de condensation forcée



Les paramètres les plus pertinents:

$\alpha = 10$ $h_m = 10^{-9} \text{ s/m}$ $D_v = D_v \times 40$



Résultats de la phase de validation

Les outils développés sont fiables et reproduisent fidèlement la réalité expérimentale, mais ...

Attention à la valeur de la perméabilité à la vapeur.

- C'est le paramètre qui a le plus d'influence sur le flux de chaleur.
- Sa valeur est très forte pour les matériaux très poreux, donc pour les isolants.
- La méthode de mesure actuelle est d'autant plus fautive que la perméabilité est forte.

→ Les méthodes de mesure actuelles doivent être révisées pour les besoins de l'approche énergétique des transferts de masse.



Le flux de chaleur avec transfert de masse.

$$\Phi_{TM} = \lambda^* \nabla T + a \frac{\pi_V^*}{P_T} \nabla P_V + a \left(\omega_{mv} K_t - \frac{\pi_V^* P_V}{P_T^2} \right) \nabla P_T$$

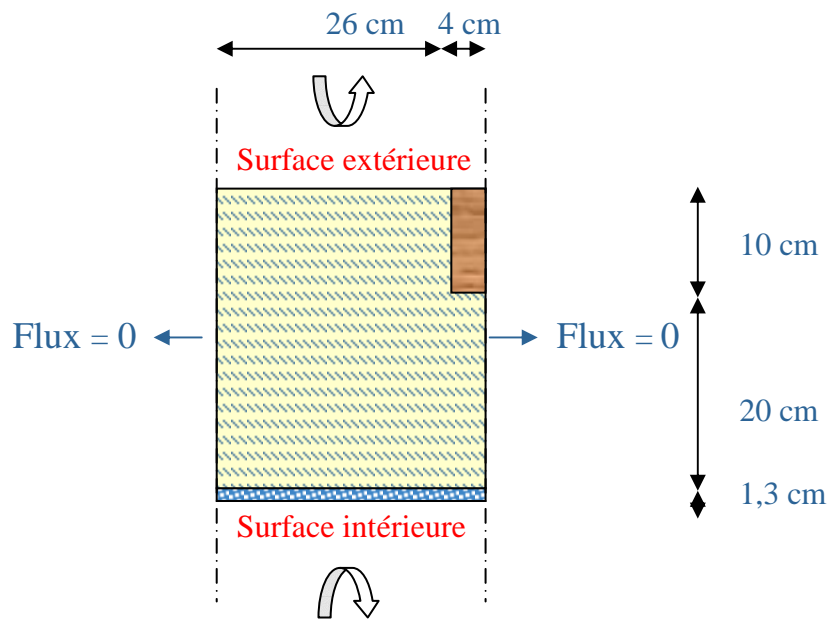
Terme de conduction incluant l'influence du taux d'humidité du milieu sur la conductivité thermique.

Terme supplémentaire égal au produit de la chaleur latente d'évaporation par la densité de flux de vapeur.

L'air intérieur est toujours plus humide que l'air extérieur. En période de chauffage, flux de vapeur et flux de chaleur évoluent dans le même sens. La déperdition avec transfert de masse est donc toujours supérieure à celle évaluée sans transfert de masse.

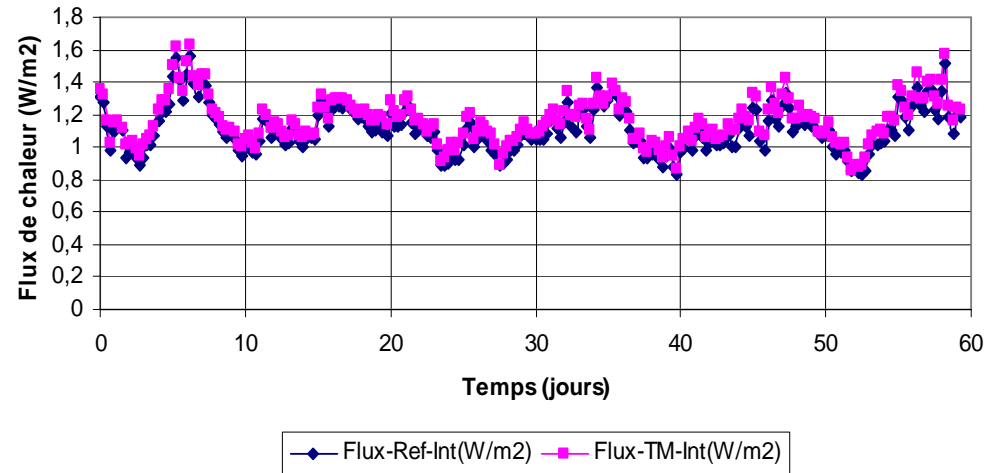
Mise en œuvre sur une toiture isolée.

Modélisation (demi-période)

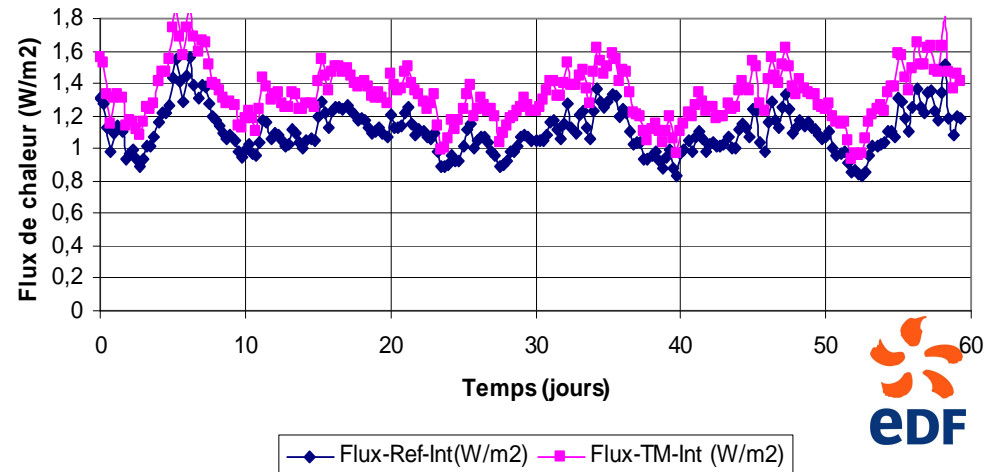


Le pare-vapeur a une fonction énergétique.

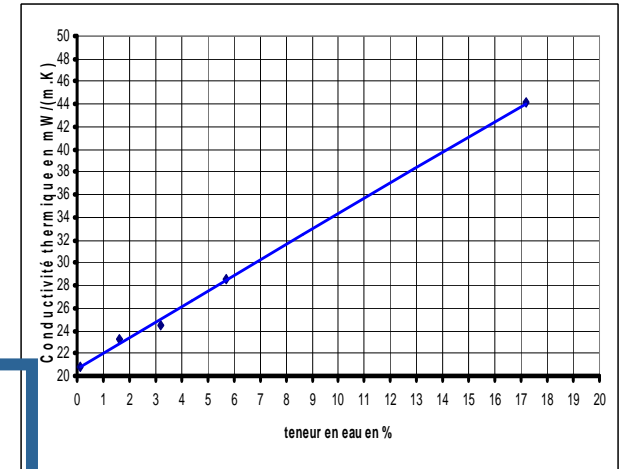
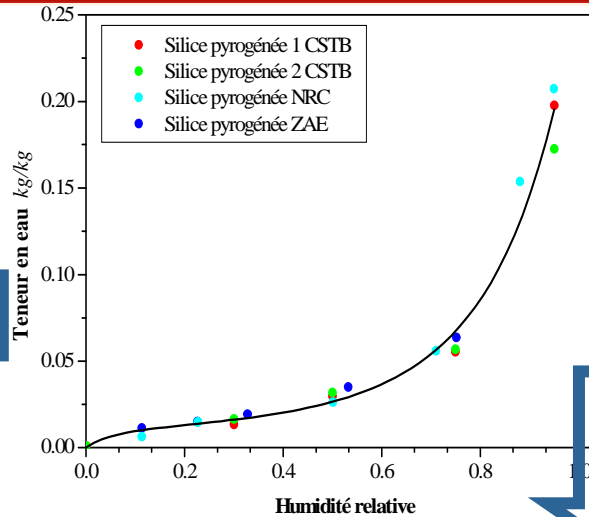
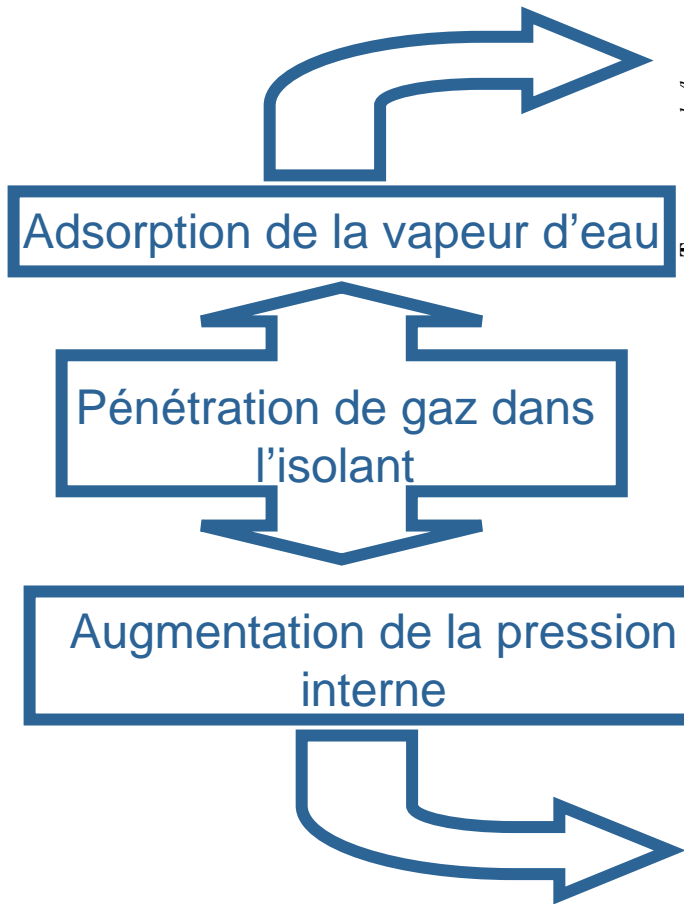
Flux moyen (avec pare-vapeur)



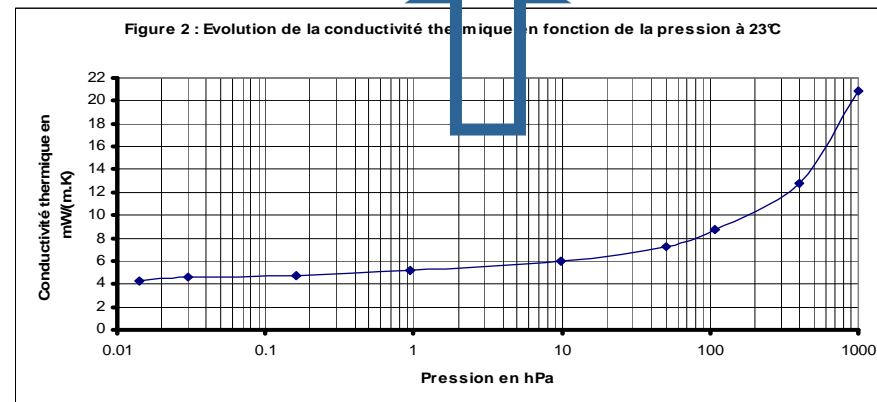
Flux moyen (sans pare-vapeur)



Mise en œuvre sur un isolant sous vide en situation isotherme de vieillissement.



Augmentation de la conductivité thermique

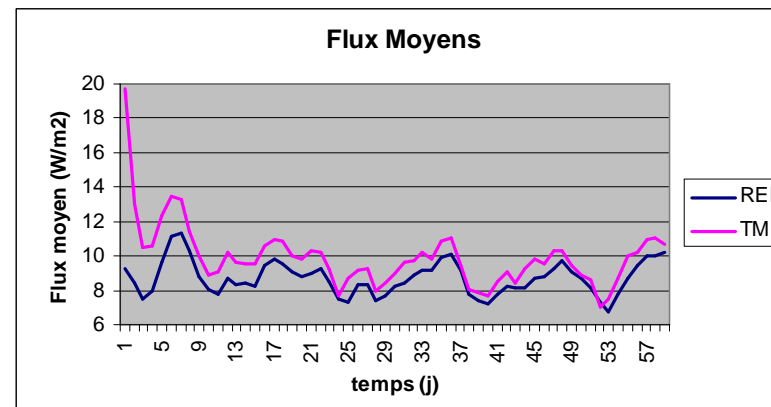
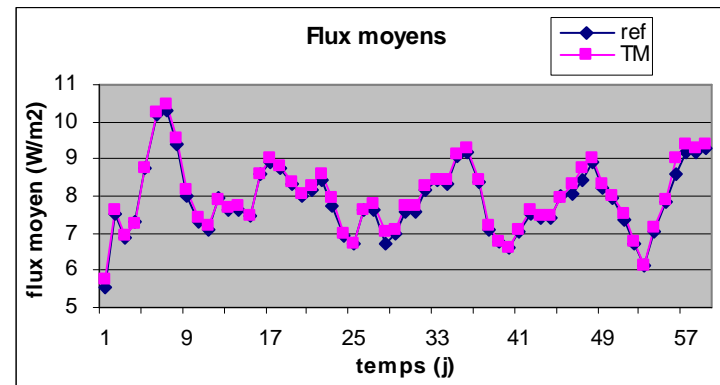


Application sur un mur en béton frais isolé par l'extérieur.

Transfert d'eau en phase liquide, donc sans impact énergétique, vers la face intérieure du mur.

Mais évaporation en surface intérieure.

Flux de chaleur avec transfert de masse à l'interface supérieur de 15% au flux de chaleur sans transfert de masse.



Conclusions et perspectives à l'issue de ce projet.

La prise en compte des transferts de masse est pertinente pour les parois fortement isolées. Mais,

- Il est nécessaire de passer de l'échelle de la paroi à celle du bâtiment : bilan hydrique global.
- La méthode de mesure de la perméabilité à la vapeur n'est pas assez précise pour l'approche énergétique des transferts de masse. Elle doit être révisée.
- Pour les super isolants, tous les mécanismes n'ont pas été abordés. La question des transferts et changements d'état dans les composants en œuvre doit être étudiée.

Ces nouvelles pistes sont étudiées dans le projet MACHA (PREBAT 2005) et dans un projet ADEME en cours de montage.

2

Comprenons les transferts de masse pour
maîtriser les transferts de chaleur.

MACHA.

Projet PREBAT : 2006 – 2008.

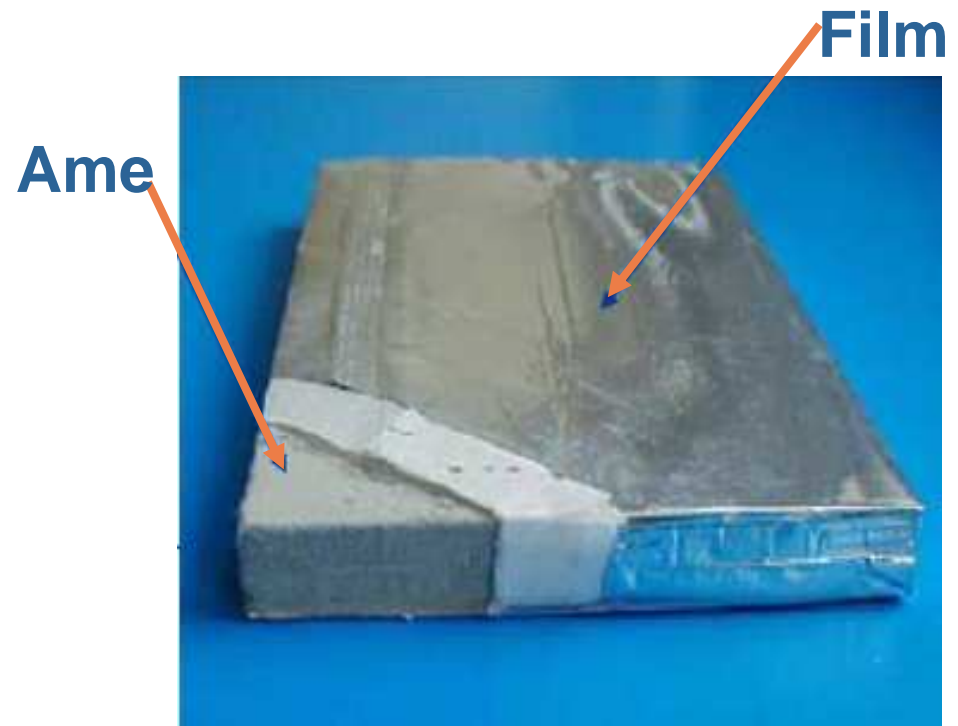


MACHA, un projet centré sur le comportement des super isolants sous vide.

Simulation des méthodes de vieillissement accéléré pour assurer un contrôle de fabrication.

Modélisation du vieillissement des produits en œuvre.

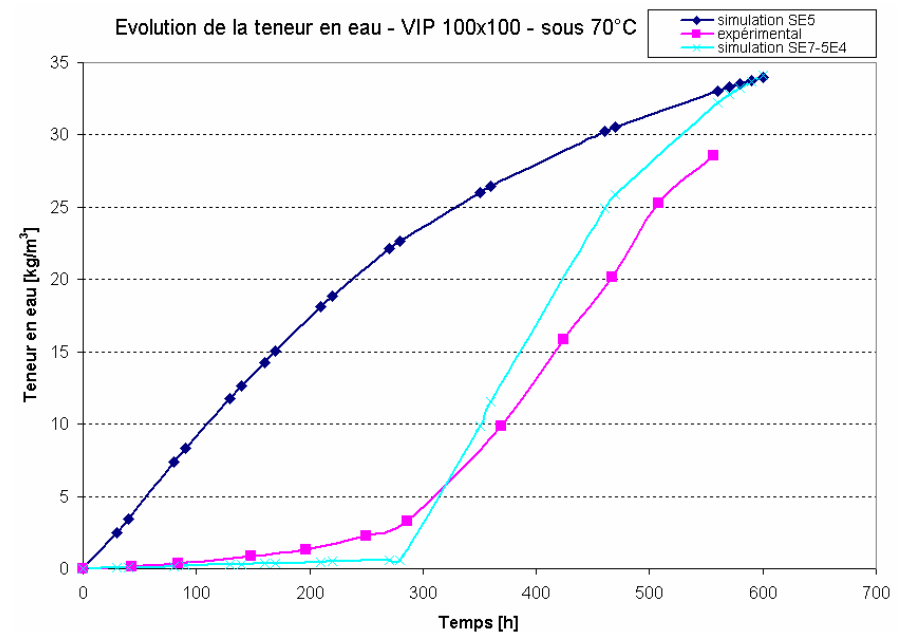
Modélisation du comportement thermique différé des produits en œuvre.



Étude du vieillissement accéléré.

L'usage conjoint des mesures et des modèles permet de mettre en évidence des dégradations.

L'objectif est maintenant de déterminer l'expérimentation la plus courte possible qui permet de déterminer une « trajectoire critique » mesurable qualifiant les « bons » produits.



Vieillissement en œuvre de composants intégrant des MCP.

L'objectif principal est d'établir le lien entre le comportement en vieillissement accéléré et le comportement en œuvre.



Étude du comportement thermique différé des composants en oeuvre.

Il s'agit essentiellement d'étudier l'impact de tous les phénomènes couplés sur le comportement thermique des super isolants sous vide :

- Adsorption.
- Augmentation de pression interne.
- Changements d'état (évaporation et re-condensations).
- Transferts de masse entre faces chaude et froide.

Conclusion générale.

Merci à l'ADEME et au PREBAT qui ont su prendre le risque de financer des projets basés plus sur des interrogations que sur des promesses.

Ils ont montré qu'au delà de la conduction, de la convection et du rayonnement, d'autres phénomènes peuvent générer un transfert de chaleur. Des champs de recherche nouveaux s'ouvrent.

Face aux enjeux énergétiques, le monde du bâtiment a besoin de ruptures technologiques.

En ré-explorant la thermique classique, on peut trouver des idées nouvelles.



Merci de votre attention.