

# Elaboration, développement et étude de composants d'enveloppes super-isolantes à base de silices nanostructurées - ISOCOMP -

A. Rigacci et P. Achard <sup>(1)</sup>, P.A. Bonnardel, M. De Candido et R. Pecquet<sup>(2)</sup>,  
H. Sallée et D. Quenard<sup>(3)</sup>, M. Tantot-Neirac <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> ARMINES, Ecole des Mines de Paris, Centre Energétique et Procédés (CEP), BP 207, 06 904 Sophia Antipolis

<sup>(2)</sup> Produits Chimiques et Auxiliaires de Synthèse (PCAS), BP 111, 91 161 Longjumeau

<sup>(3)</sup> Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), DER, 24 rue J. Fourier, 38 400 Saint-Martin d'Hères

<sup>(4)</sup> SIRIUS, 24 Chemin du Castellet, 06 650 Le Rouret

## Objectifs

Le programme de recherche **ISOCOMP** s'inscrit dans le cadre général du développement de matériaux et composants super-isolants pour l'enveloppe du bâtiment. Plus précisément, il vise à développer des nouveaux composants d'isolation **minces** permettant d'atteindre des conductivités thermiques très faibles (inférieures à 0,020 W/m-K dans les conditions normales de température et de pression et inférieures à 0,005 W/m-K sous vides primaires) sans avoir recours aux gaz lourds ni aux vides poussés. Cette alternative est basée sur l'utilisation de **matériaux nanostructurés inorganiques**.

## Périmètre de l'étude

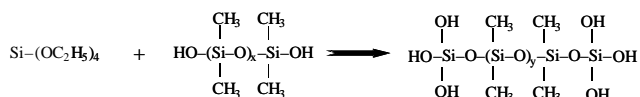
L'objectif de ce programme de 3 ans est triple. Il s'agit :

- d'élaborer et caractériser des composants de super-isolation à base de silices nanostructurées de type xérogels,
- de développer un procédé de mise en œuvre transposable à échelle pré-industrielle,
- d'étudier les impacts énergétiques, environnementaux, économiques et sanitaires de l'intégration de tels composants dans le bâtiment.

## Procédure expérimentale

Le composite est élaboré en **voie sol-gel** par imprégnation d'un réseau de fibres de Quartz non-tissées par un sol de silice. Le sol est composé de polyéthoxydisiloxane (synthétisé industriellement par PCAS), d'isopropanol (IPA) et d'ammoniaque (NH<sub>4</sub>OH) à 20.5% dans les proportions massiques respectives de 43,6 : 53,3 : 3,1. Le gel obtenu est vieilli dans l'IPA puis silylé en présence d'hexaméthylsiloxane (HMDSO) et d'acide chlorhydrique (HCl). Le produit sec est obtenu par simple **séchage évaporatif** à température modérée (de 60 °C à 140 °C).

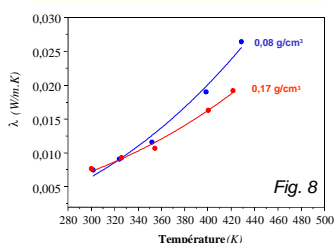
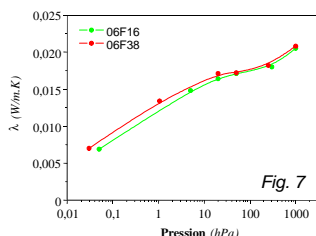
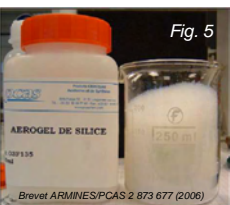
La **voie Ormosil** consiste à introduire dans le sol des chaînes siliconées **bicondensables** de type polydiméthylsiloxane (PDMS), comme schématisé ci-dessous.



## Résultats thermo-hydriques

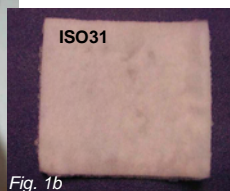
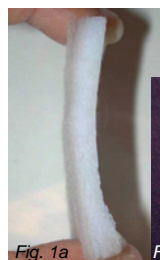
### • Caractérisation du xérogel

Le xérogel - produit à échelle pré-industrielle (Fig. 5) - est caractérisé thermiquement sous forme de lit granulaire (Fig.6) par la méthode de la sonde à chocs thermiques (via un CT-mètre) sous vide partiel (Fig. 7) et en fonction de la température (Fig. 8). Dans les CNTP, à 80% d'humidité relative, la conductivité ne reprend que 2 mW/m.K.



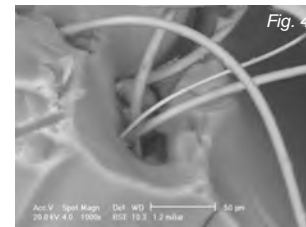
## Résultats généraux

La première phase du projet ISOCOMP s'est attachée au développement d'un composite nanostructuré à échelle *laboratoire*. Un matériau (Figs. 1a et 1b) de conductivité thermique apparente comprise entre 0,012 W/m-K et 0,015 W/m-K a été obtenu. Le procédé est désormais en phase d'étude chez PCAS pour transfert à échelle pré-industrielle. Parallèlement, à échelle laboratoire la flexibilité du composite a été significativement améliorée par hybridation organique (Fig. 2).



## Résultats texturaux

Les densités obtenues varient (en fonction des températures et des durées de vieillissement et de silylation) **entre 0,09 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ et 0,24 g/cm³ ± 0,01 g/cm³**. Le gel se morcelle durant le séchage évaporatif (Fig. 3). La fraction volumique macroporeuse créée est estimée à 0,66. Le réseau fibreux permet de maintenir la cohésion du composite sans nécessiter de contacts intimes (i.e. covalents) entre les fibres et le xérogel (Fig. 4).



### • Caractérisation du composite

Le composite - élaboré à échelle laboratoire (Fig. 1) - est caractérisé thermiquement dans les conditions ambiantes (de pression, de température et d'humidité relative) par une méthode flux-métrique développée au CSTB Grenoble pour les matériaux isolants (*μ-fluxmètre*). Les conductivités obtenues sont très prometteuses (~ 0,014 W/m-K ± 0,001 W/m-K) par rapport à des non-tissés organiques (SGQ) ainsi qu'aux premiers *blankets* nord-américains (ASPEN).

	Epaisseur (mm)	λ (W/m.K) ± 0,0005 W/m.K
Quartzel 2 couches ( <i>non comprimées</i> )	10	0,036
Quartzel 2 couches ( <i>comprimées</i> )	6	0,033
Composite ISOCOMP 1 couche	4	0,013
Composite ISOCOMP 2 couches	9	0,015
Aspen PYROGEL 6350X	6	0,016
Aspen SPACELOFT 3251X	3	0,013
Aspen SPACELOFT 3251X 2 couches	6	0,013

## Conclusions et perspectives

Les résultats obtenus au cours de cette première année sur le composite super-isolant sont très prometteurs. Le transfert d'échelle est désormais initié. Les étapes à mener durant la seconde année du projet ISOCOMP concernent l'optimisation *laboratoire* du matériau, le *packaging* du composite (afin de maîtriser la génération de poussières) et l'initiation de l'étude des impacts.

### Remerciements

Ce projet de recherche est financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR), géré et suivi par l'Agence nationale de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Les auteurs remercient Madame Monique REPOUX (ARMINES/EMP/CEMEF) pour les clichés MEB.