

# **Comportement mécanique de composites super-isolants d'aérogel de silice : une approche couplée expérimentale et numérique**

**Guillaume HAMELIN**

Sous la direction de C. Martin et S. Meille (MATEIS)

Co-encadré par D. Jauffres

**Mardi 7 décembre 2021 à 14h00**

Amphithéâtre Biologie – UFR Chimie et Biologie

## **Jury :**

Wim MALFAIT : Docteur en sciences, EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology), Rapporteur

Sylvie CALAS-ETIENNE : Maître de conférence, Université de Montpellier, Rapporteur

Etienne BARTHEL : Directeur de recherche, CNRS, Examineur

Damien ANDRE : Maître de conférence, Université de Limoges, Examineur

Sylvain DEVILLE : Directeur de recherche, CNRS, Examineur

**Résumé :** Avec le renforcement des réglementations concernant l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, l'épaisseur requise pour l'isolation thermique des bâtiments avec des matériaux conventionnels (laine de verre, mousses polymériques...) peut devenir prohibitive. C'est un puissant moteur pour le développement d'une nouvelle classe de produits, les matériaux Super-Isolants à Pression Atmosphérique (SIPA), basés sur l'utilisation de particules d'aérogel de silice (SAP). Les aérogels de silice sont caractérisés par une nanoporosité très élevée (~95 %) à l'origine de leur faible conductivité thermique mais aussi de leurs très faibles propriétés mécaniques, limitant la capacité à manipuler et utiliser des produits SIPA pour des applications dans le secteur du bâtiment. L'objectif de ce travail est de mieux comprendre le comportement mécanique des SIPA afin d'améliorer leurs propriétés mécaniques, principalement la ténacité, tout en préservant leurs propriétés thermiques exceptionnelles (conductivité thermique cible d'environ 15 mW/(m.K)). Les matériaux étudiés ici sont des panneaux composites produits à partir d'une distribution bimodale de SAP et d'un liant polymère. Différents composites sont fabriqués et leurs propriétés microstructurales, mécaniques et thermiques sont caractérisées. Un modèle numérique original basé sur la méthode des éléments discrets (DEM) est développé. La caractérisation mécanique (compression) des particules individuelles d'aérogel de silice est utilisée pour calibrer les paramètres matériau des particules numériques. La simulation de la rupture de ces particules numériques est suffisamment précise pour reproduire des réseaux de fissures similaires à ceux observés par tomographie à rayons X dans des particules réelles d'aérogel de silice. Des composites numériques de grande taille sont générés à l'aide des particules numériques calibrées d'aérogel de silice afin de simuler la rupture des échantillons composites et d'en extraire les propriétés mécaniques macroscopiques. L'influence de la distribution de taille des SAP et de l'incorporation des fibres sur le comportement à la rupture du composite est évaluée à la fois expérimentalement et

numériquement. Enfin, la performance thermique des panneaux composites sans et avec fibres est caractérisée, ce qui amène à la conclusion qu'un renforcement fibreux optimisé du point de vue de l'homogénéité de la dispersion et de l'orientation des fibres peut permettre une augmentation significative de la ténacité (x1,5 à x2) tout en augmentant la conductivité thermique de seulement 1-2 mW/(m.K).