

Démarche pour l'étude de l'impact des transferts d'air liés aux défauts d'étanchéité sur le comportement de l'enveloppe des bâtiments à ossature bois

Clément Belleudy, Nolwenn Hurel,

Marx Chhay, Mickaël Pailha, Monika Woloszyn, Daniel Quenard, Géraldine Garnier

Conférence IBPSA France 2014

Arras

20 – 21 Mai 2014



Plan de la présentation

Contexte et introduction

I. Modèle numérique Air-Chaleur

- Bibliographie
- Développement du modèle numérique

II. Application du modèle à un défaut d'étanchéité type

Flux d'air humide à travers un isolant de ouate de cellulose

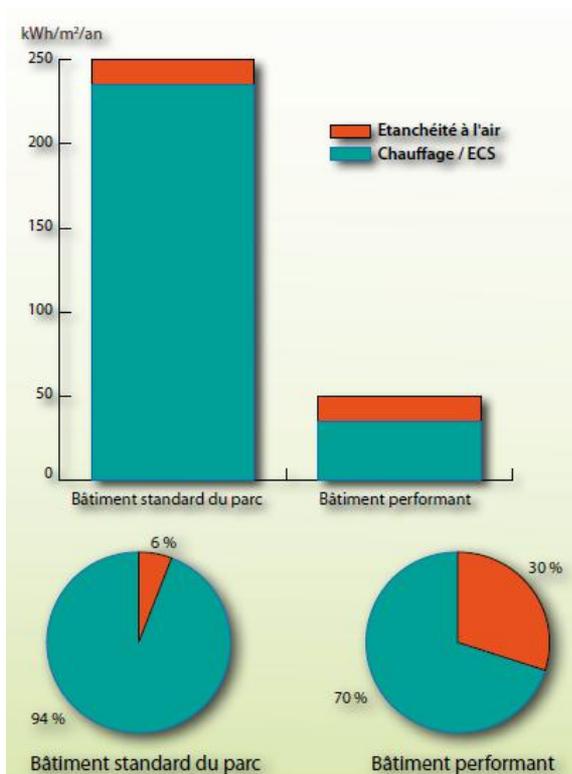
III. Banc expérimental pour identifier les chemins d'air

Conclusion et perspectives



Contexte et introduction (1/2)

- Règlements thermiques de plus en plus exigeantes, rôle primordial de l'étanchéité à l'air pour atteindre les performances



Part relative de consommation due à la perméabilité à l'air d'un bâtiment
Source : RAEE 2010

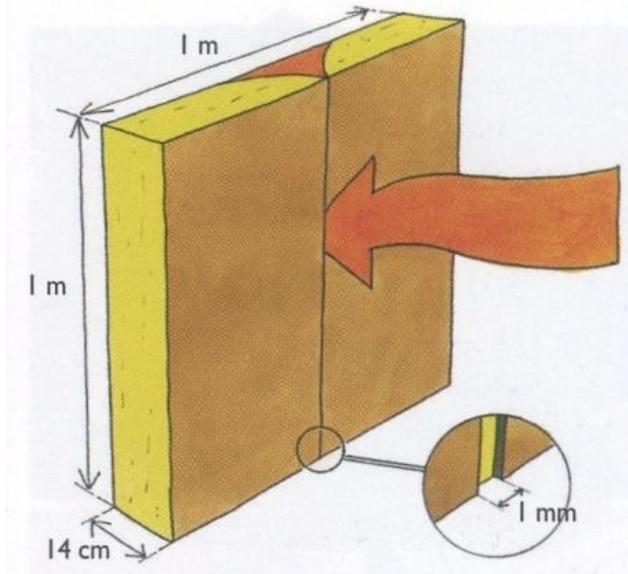
$Q_{4Pa\text{-surf}}$ $m^3/(h \cdot m^2 \text{ surf. froide})$	Niveau de performance
0,16	Passif / Minergie P
0,6	BBC Effinergie et RT2012
0,8	Valeur de référence RT2005 (moitié des maisons individuelles)
1,3	Valeur par défaut RT 2005

Indicateur Q_{4Pa} surf pour différents labels de performance dans le cas d'une maison individuelle
Source : CETE de Lyon

Contexte et introduction (2/2)

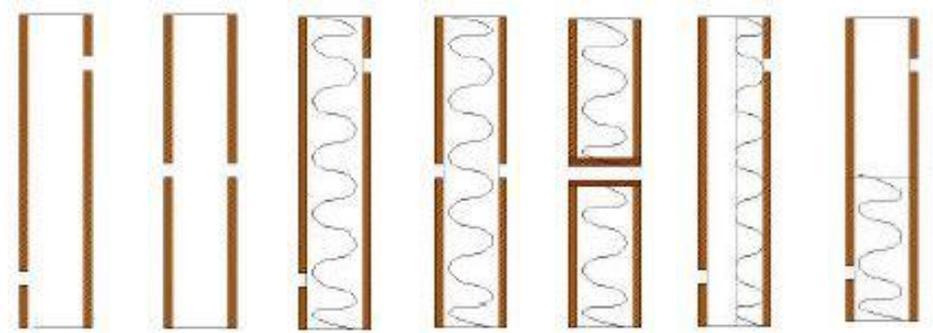
- Projet national MOB AIR (2012-2016), coordonné par le CETHIL : **Maîtriser les Transferts d’Air** et leur impact sur le **comportement hygrothermique** des maisons à ossature bois (partenaires : CSTB, EDF, FCBA, CETHIL, LOCIE, bureaux d’étude maîtrise d’œuvre ...)
- Besoin de mieux comprendre **ces transferts couplés** de chaleur, d’air et d’humidité (**Heat Air Moisture – HAM**) au niveau des défauts d’étanchéité, pour quantifier leur impact et proposer des solutions
- Volets modélisation et expérimental pour **visualiser les chemins** d’air à travers les défauts
- Cette présentation sera davantage axée sur la partie modélisation

I. Bibliographie, développement d'un modèle numérique Air-Chaleur



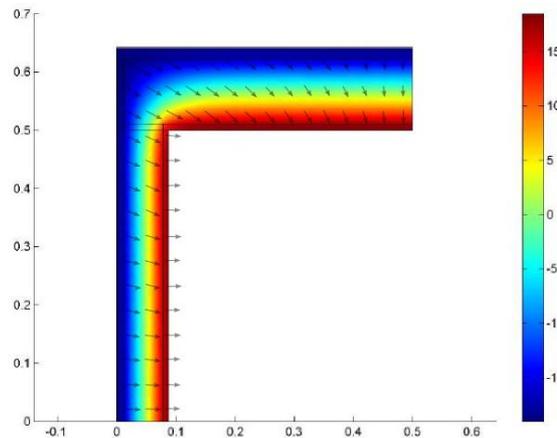
Wagner, 1989

- Expérimental : fente 1mm pare air → diminution de la résistance thermique effective



Buchanan et Sherman, 2000

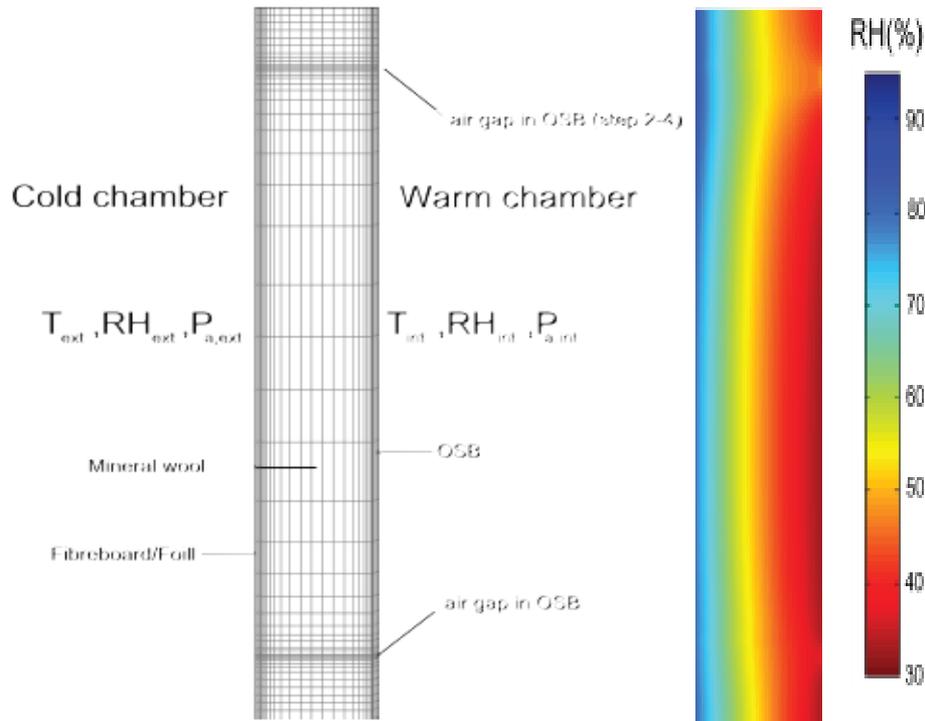
- Simulations CFD pour quantifier l'échange air-milieu poreux pour plusieurs configurations de défauts



Van Schijndel, 2006

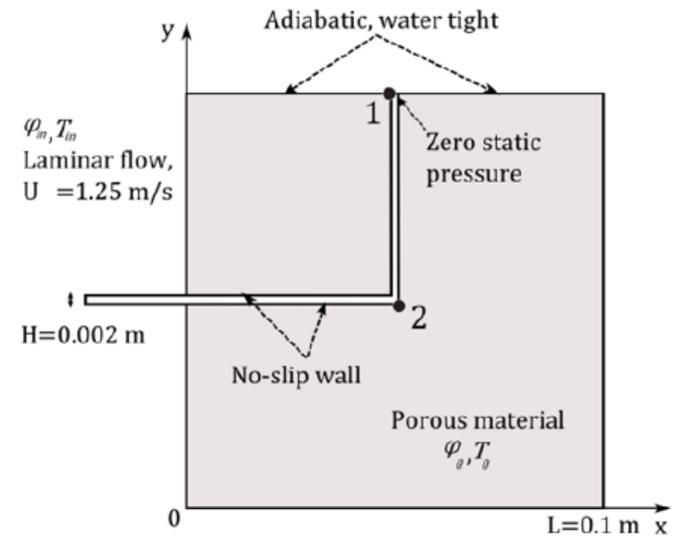
- Modèle HAM avec flux d'air uniforme sur l'interface

I. Bibliographie, développement d'un modèle numérique Air-Chaleur



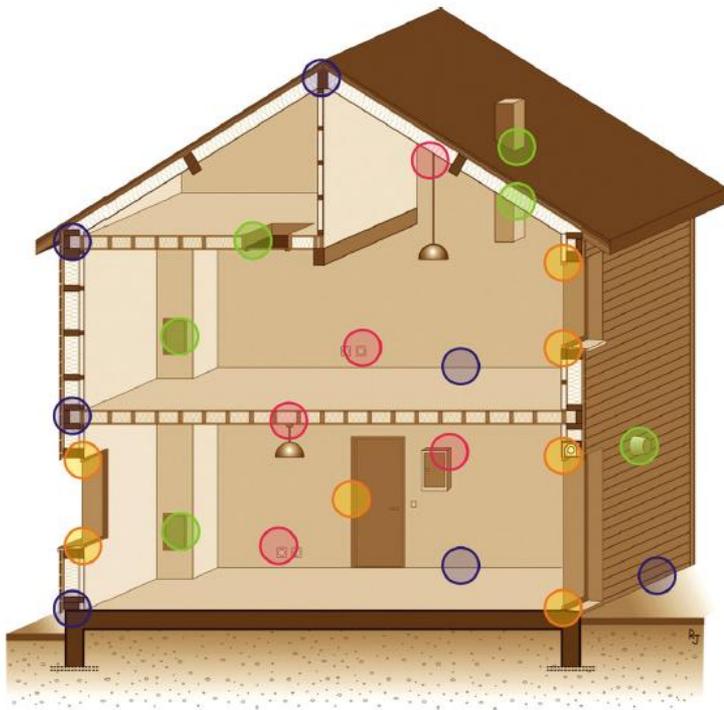
Langmans, 2013

- Modèle 2D HAM dans le logiciel Delphin, permettant de d'évaluer l'impact d'une fuite d'air sur la capacité de séchage du mur



Nespoli and Janetti, 2013

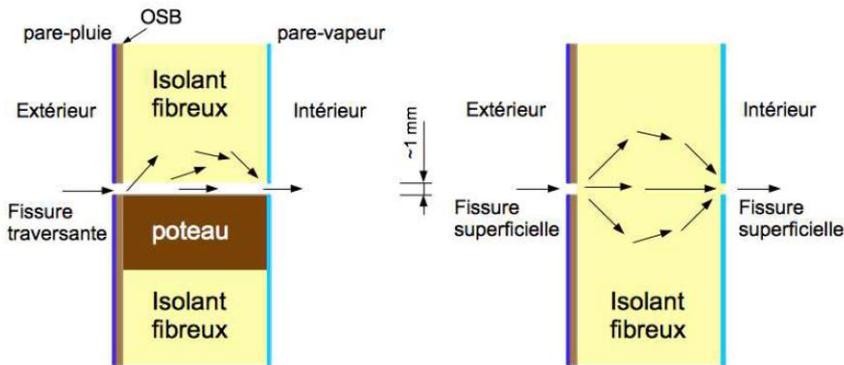
- Comparaison d'approches de modélisations pour décrire transfert d'humidité dans une lame d'air en contact avec l'isolant



 **Risque de fuite**

-  Gros oeuvre et Eléments de structure
-  Menuiseries extérieures
-  Trappes et éléments traversant les parois
-  Equipements électriques et Réseaux fluides

R. Jobert, CETE de Lyon
Localisation des défauts potentiels d'étanchéité à l'air



Objectif : besoin de développer un **modèle couplé** Air Chaleur Humidité (HAM) capable de simuler avec une **approche simplifiée** les transferts de chaleur, d'air et d'humidité à travers différents types de défauts d'étanchéité.

Écoulement d'air dans un **milieu poreux** et/ou dans une **fine lame d'air**.

I. bibliographie, développement d'un modèle numérique Air-Chaleur

Bilan d'énergie : hypothèse de l'équilibre thermique local (entre l'air et la matrice poreuse) pour n'avoir qu'une seule température :

$$\rho_{mat} c_{mat} \frac{\partial T}{\partial t} = -\nabla \cdot (-\lambda_{mat} \nabla T) - \nabla \cdot (\rho_{air} c_{p,air} T u)$$

Variation de l'enthalpie
du VER

Flux **conductif** net
entrant

Flux **convectif** net
entrant

Bilan de quantité de mouvement : Loi de Darcy-Brinkman utilisée dans le milieu poreux :

$$\frac{\rho_{air}}{\varepsilon} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla) \frac{u}{\varepsilon} \right) = -\nabla P - \frac{\mu}{k_{mat}} u + \mu \Delta u$$

Variation de la quantité
de mouvement du VER

Forces de
pression

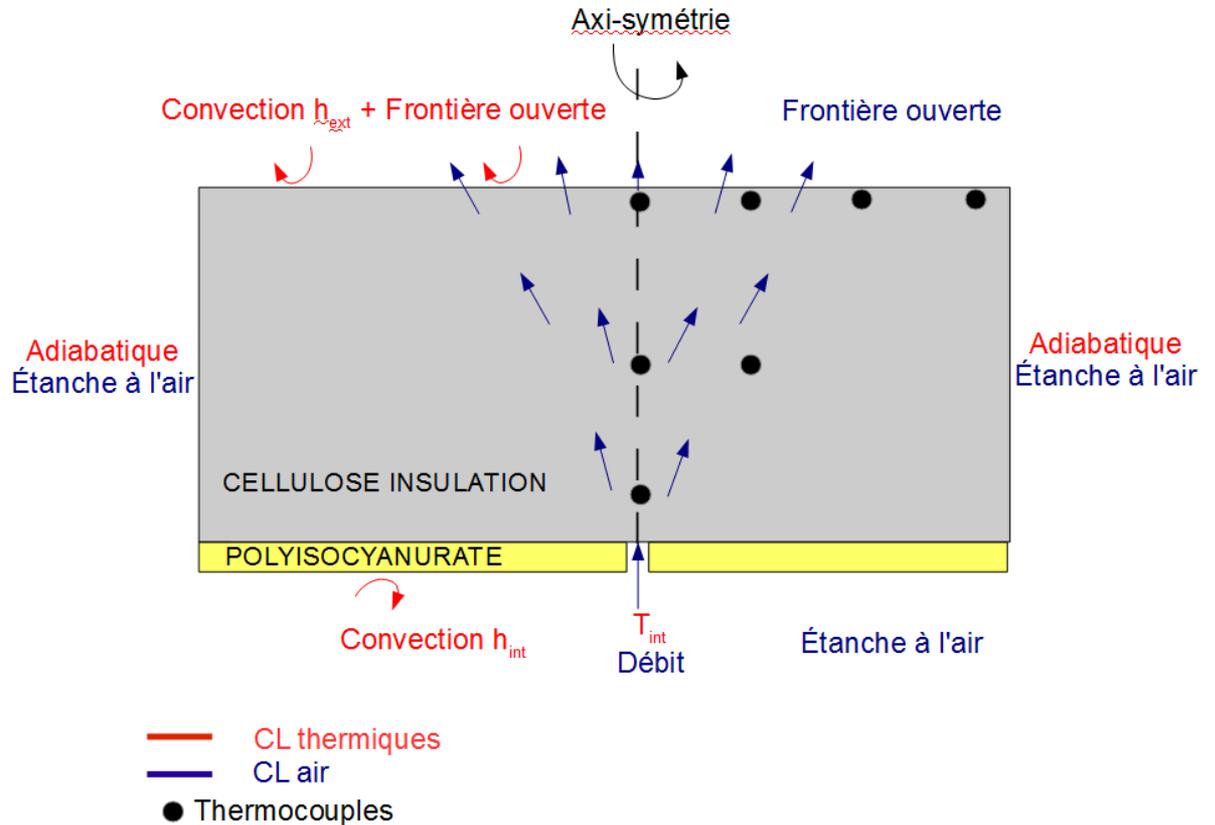
Forces de
Darcy

Forces
visqueuses

Équation de continuité : air incompressible, pas de convection naturelle

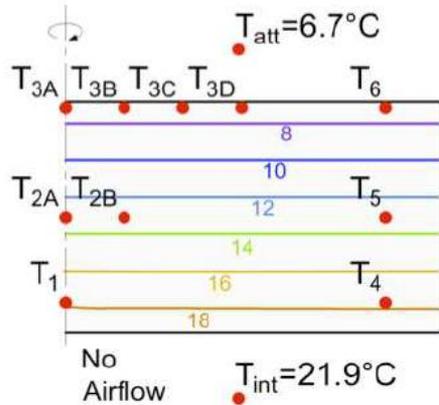
II. Application du modèle à un défaut d'étanchéité type

Flux d'air humide à travers un isolant de ouate de cellulose (Concordia University, Montréal - Canada)

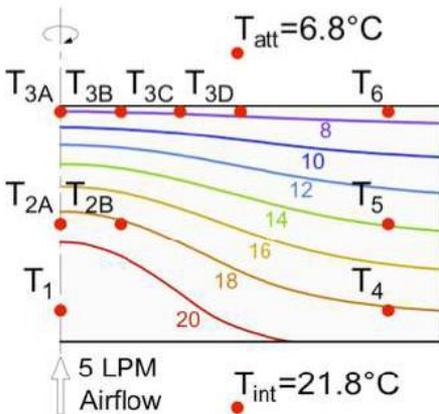
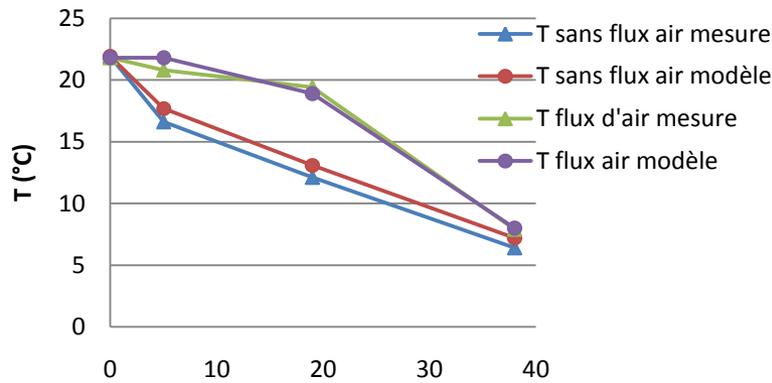


II. Application du modèle à un défaut d'étanchéité type

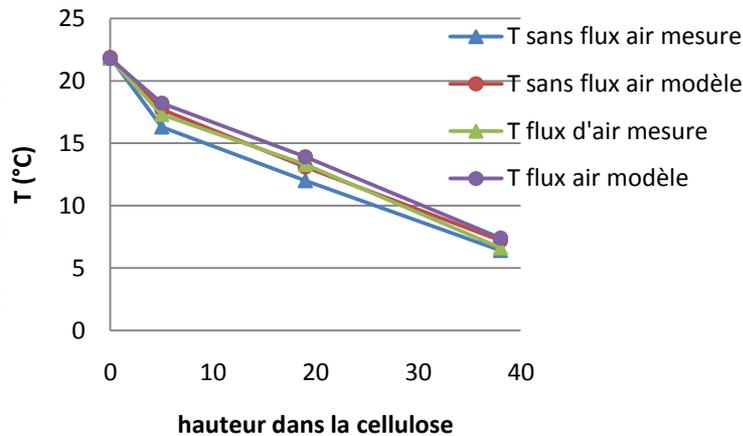
Flux d'air humide à travers un isolant de ouate de cellulose



Profil de température axe 1-2A-3A



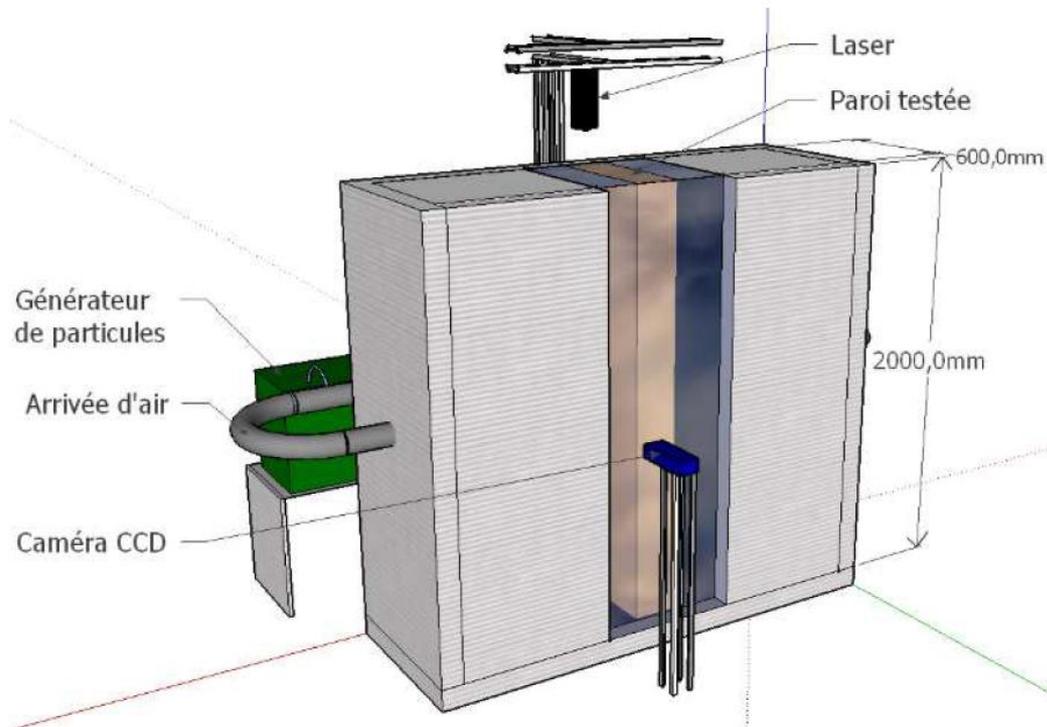
Profil de température axe 4-5-6



- bonne concordance expérience-simulation sur le champ de température
- les écarts peuvent être notamment expliqués par la **non prise en compte de l'humidité** dans le modèle (→ flux de chaleur latente)
- conditions aux limites **cohérentes** du modèle simplifié
- validations en cours pour le modèle HAM complet sur ce défaut

III. Perspective : banc expérimental pour identifier les chemins d'air

Caractérisation **locale** des défauts d'étanchéité, permet de valider le modèle numérique



Deux techniques envisagées pour caractériser les chemins d'air :

- PIV (Particle Image Velocimetry) : pour visualiser le champ de vitesse **au voisinage de la paroi** (entrée et sortie de l'air)
- Microparticules injectées dans le flux d'air qui se déposent dans l'isolant, (méthode destructive) : pour visualiser le champ de vitesse **dans la paroi**

Conclusion

- Développement d'un **modèle simplifié air-chaleur** sous COMSOL pour 2 types de défauts d'étanchéité
- Comparaison avec champ de température mesuré dans un isolant en ouate de cellulose traversé par un flux d'air humide → bon accord
- La modélisation des phénomènes physiques est pertinente

Perspectives

- Étape suivante : comparaison modèle complet - mesures d'humidité sur la même expérience et **validation** avec les benchmarks numériques HAMSTAD (**en cours**)
- Banc expérimental mettant en œuvre des techniques innovantes (PIV et particules) pour comprendre la physique de l'écoulement d'air dans les isolants fibreux
→ Outil de validation du modèle numérique

Merci de votre attention

