

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Isolant thermique à haute performance dans les enveloppes de bâtiments

Mukhopadhyaya, P.; Swinton, M. C.; Paroli, R. M.

#### Publisher's version / Version de l'éditeur:

*[Actes de] Regard sur la science du bâtiment 2009/10 : Efficacité énergétique dans les bâtiments, 2009-01-01*

#### NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=ba5382fe-69c2-4548-bcfa-68195bffc5d7>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=ba5382fe-69c2-4548-bcfa-68195bffc5d7>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

**Questions?** Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

**Vous avez des questions?** Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

**CNRC-NRC**

*Institut de  
recherche en  
construction*

# Isolant thermique haute performance pour l'enveloppe du bâtiment

Phalguni Mukhopadhyaya et Michael Swinton



Conseil national  
de recherches Canada

National Research  
Council Canada

Canada 

# Aperçu de la présentation

- Qu'est-ce qu'un isolant thermique haute performance ?
- Panneaux d'isolation sous vide – avantages et inconvénients
- Applications diverses
- Conclusions

# Mécanismes de transfert de chaleur

## ■ Mécanismes principaux

- Conduction 
- Convection 
- Rayonnement 

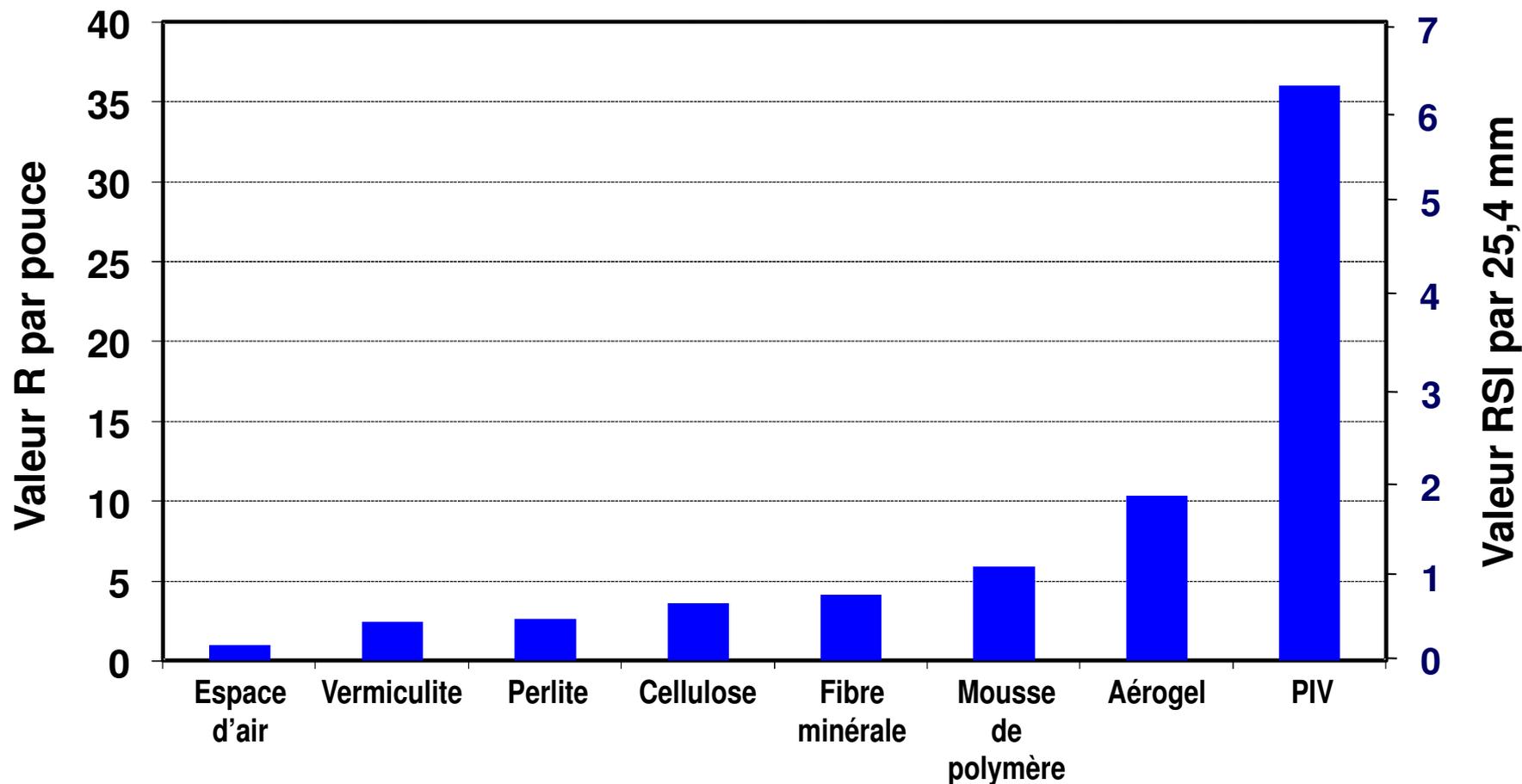
## ■ Influencés par

- L'infiltration d'air
- L'intrusion d'air
- L'accumulation d'humidité

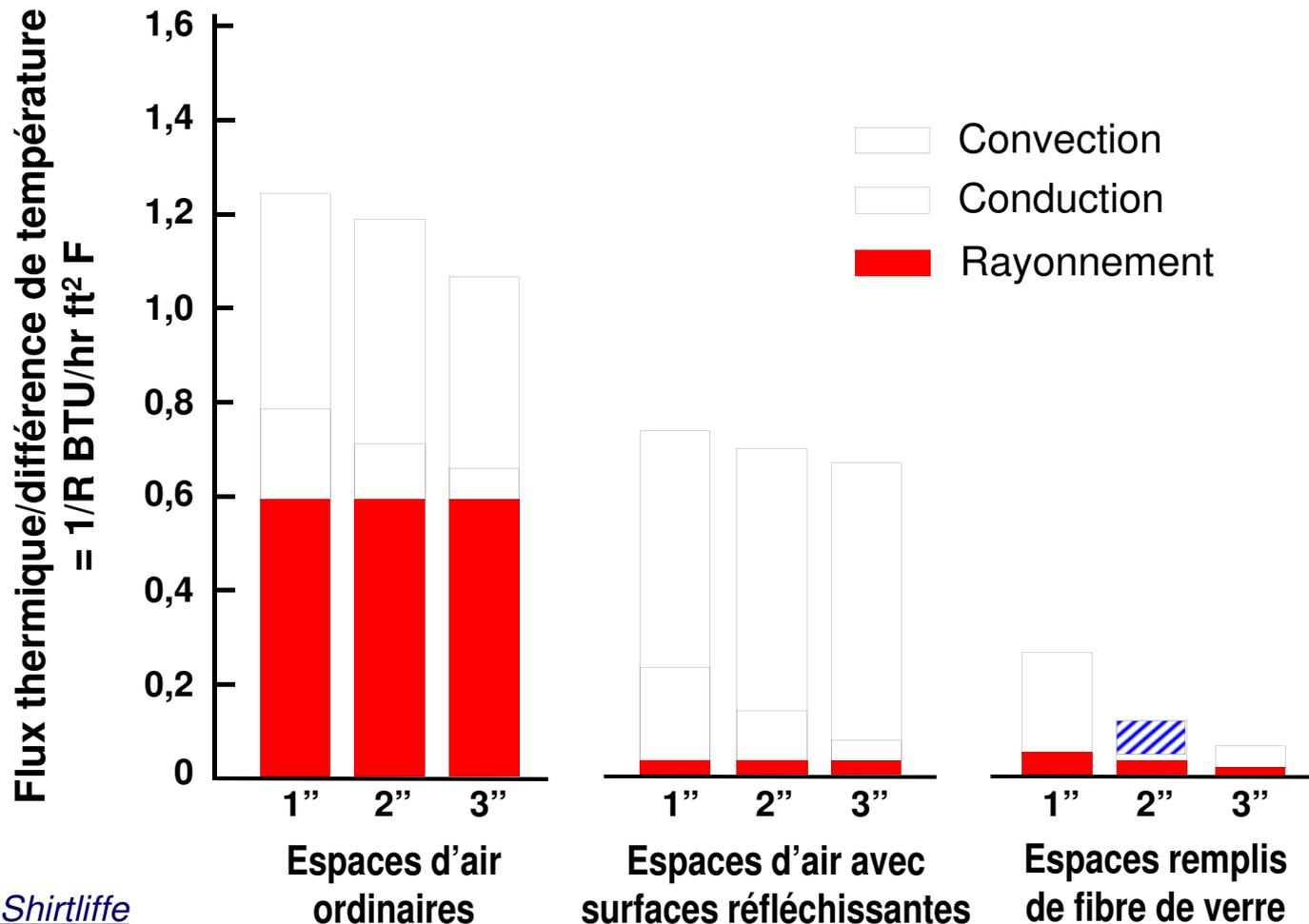
# Isolant thermique haute performance ?

- Résistance thermique plus élevée
- Longue vie utile
- Écologique
- Systèmes durables

# L'amélioration du rendement thermique continue



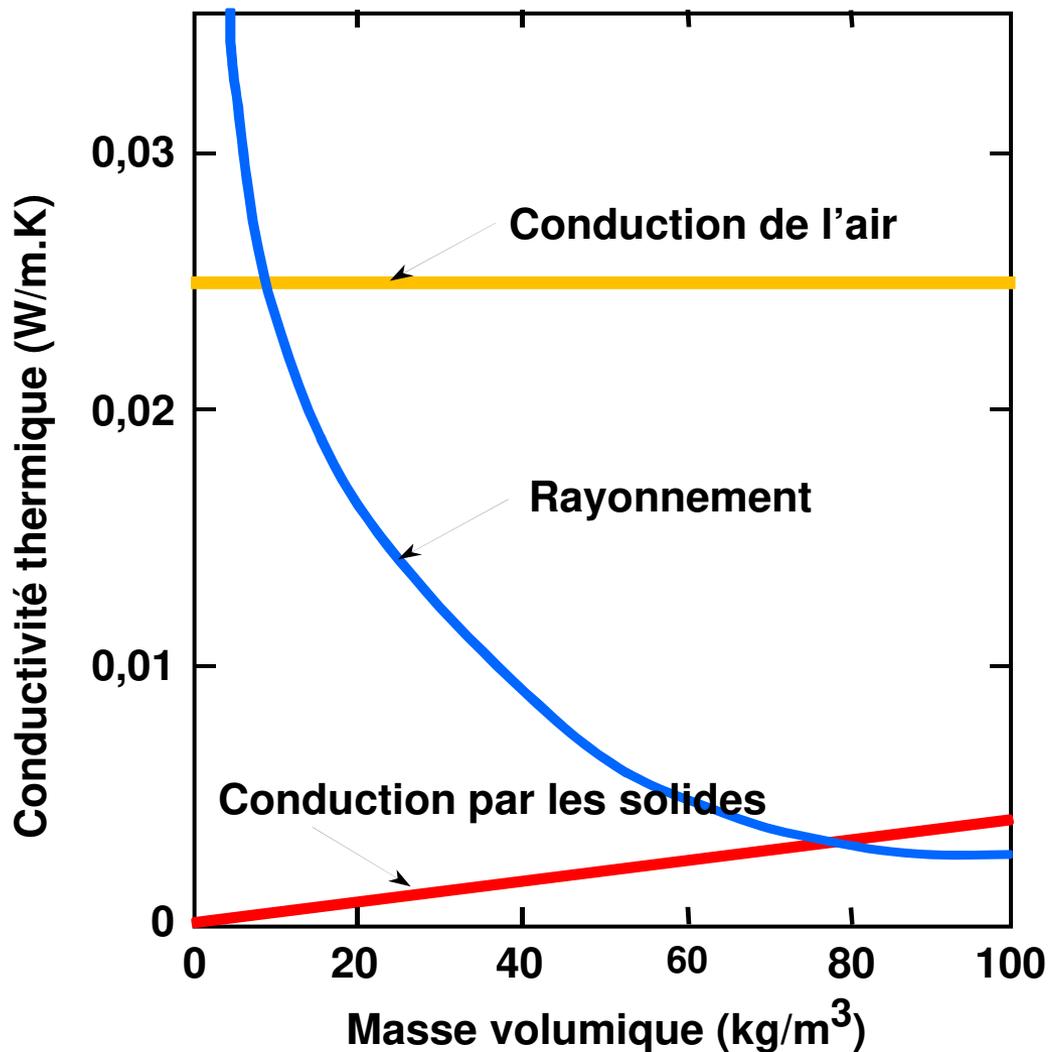
# Isolant thermique haute performance : les bases



[CBD – 149; Shirliffe](#)

**Transfert de chaleur par les espaces d'air –  
Contribution par rayonnement, conduction et convection**

# Isolants – les éléments du transfert thermique



Conductivité thermique (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	Valeur R par pouce
0,040	3,6
0,035	4,1
0,030	4,8
0,025	5,8
0,020	7,2
0,015	9,6
0,010	14,4
0,005	28,9

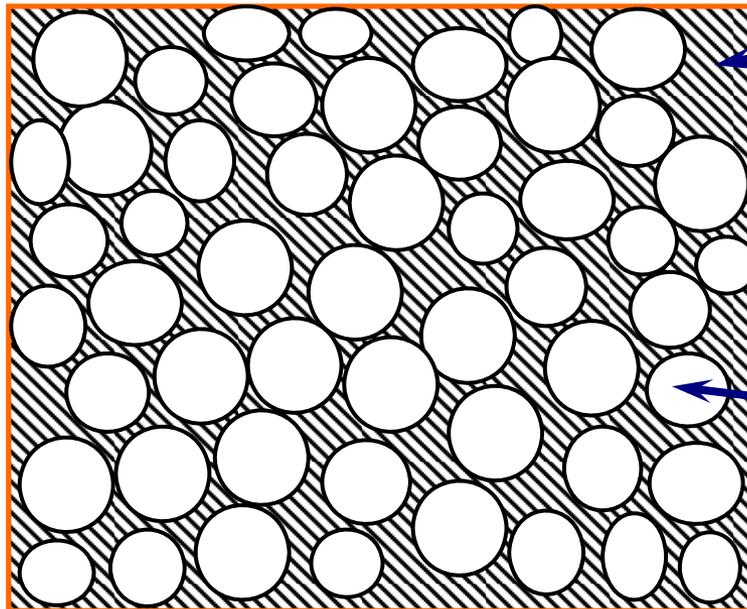
Réduction de l'élément Conduction de l'air – Haute résistance thermique

# Isolant thermique haute performance

- Mousse isolante à alvéoles fermés
  - Conductivité de l'agent gonflant  $<$  Conductivité de l'air
- Aérogel
  - Conductivité de l'air (nanopore)  $<$  Conductivité de l'air (macropore)
- Isolant sous vide
  - Conductivité de l'air  $\cong$  Zéro

# Isolant thermique haute performance

- Mousse isolante à alvéoles fermées

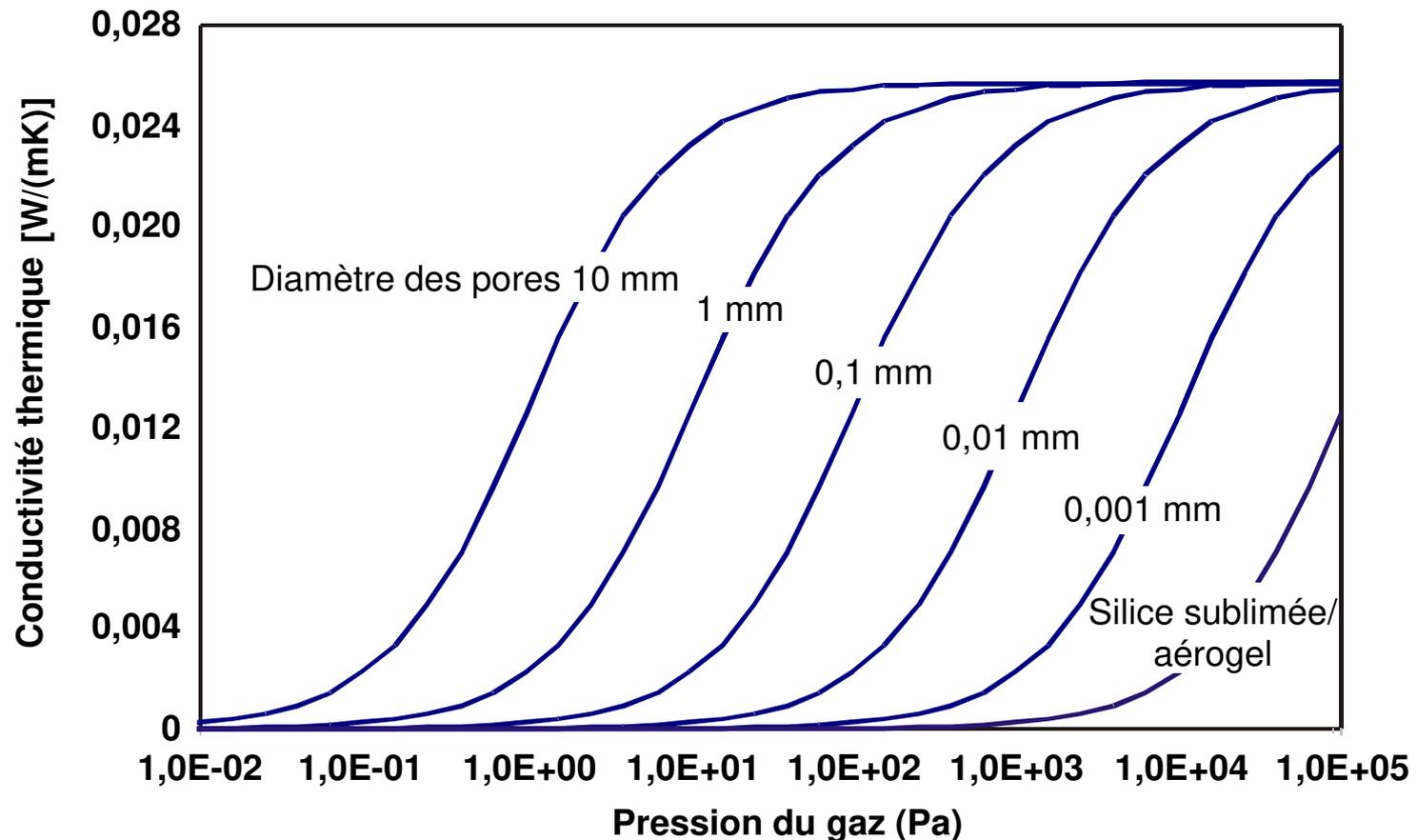


Matrice en  
polymère solide

Alvéole fermée  
(agent gonflant)

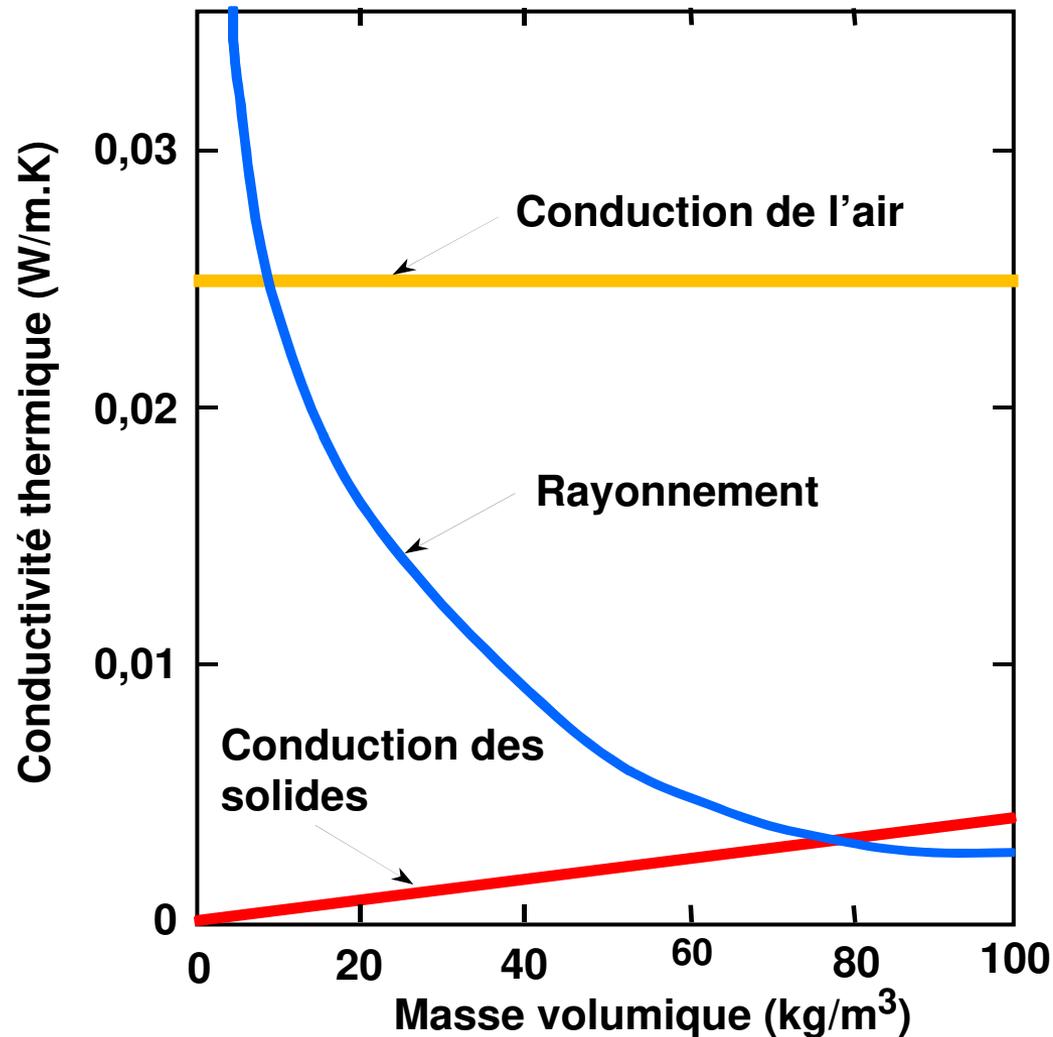
# Isolant thermique haute performance

- Aérogel: Conductivité de l'air (nanopore) < Conductivité de l'air (macropore)

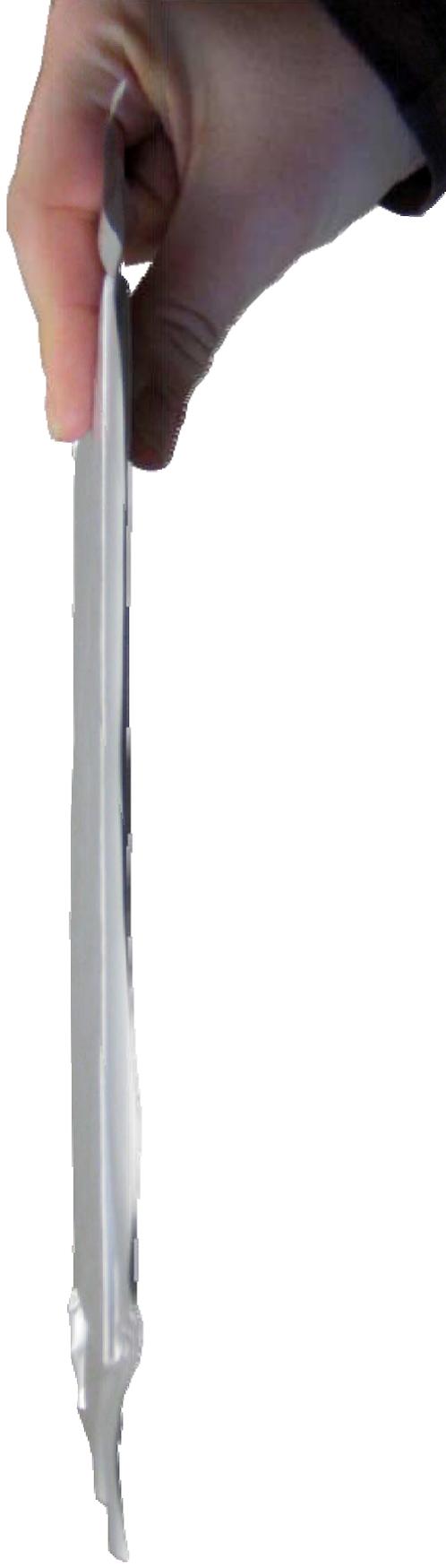


# Isolant thermique haute performance

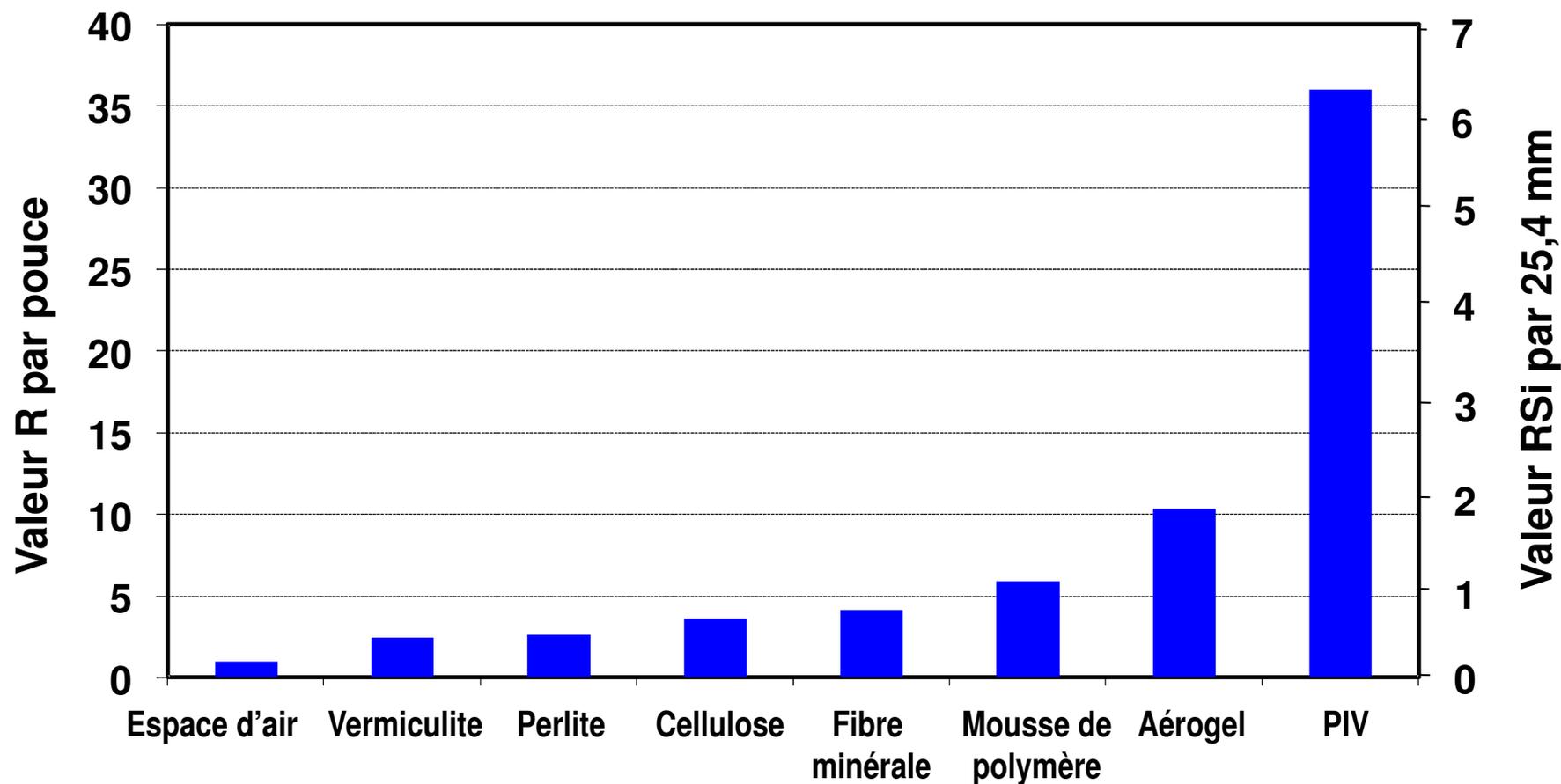
- PIV: Élément Conductivité à l'air  $\approx$  zéro



# Panneau d'isolation sous vide (PIV)



# Panneau d'isolation sous vide (PIV)



# Panneau d'isolation sous vide (PIV)

285 mm (11,25 po)



Fibre de verre

240 mm (9,5 po)



PSE

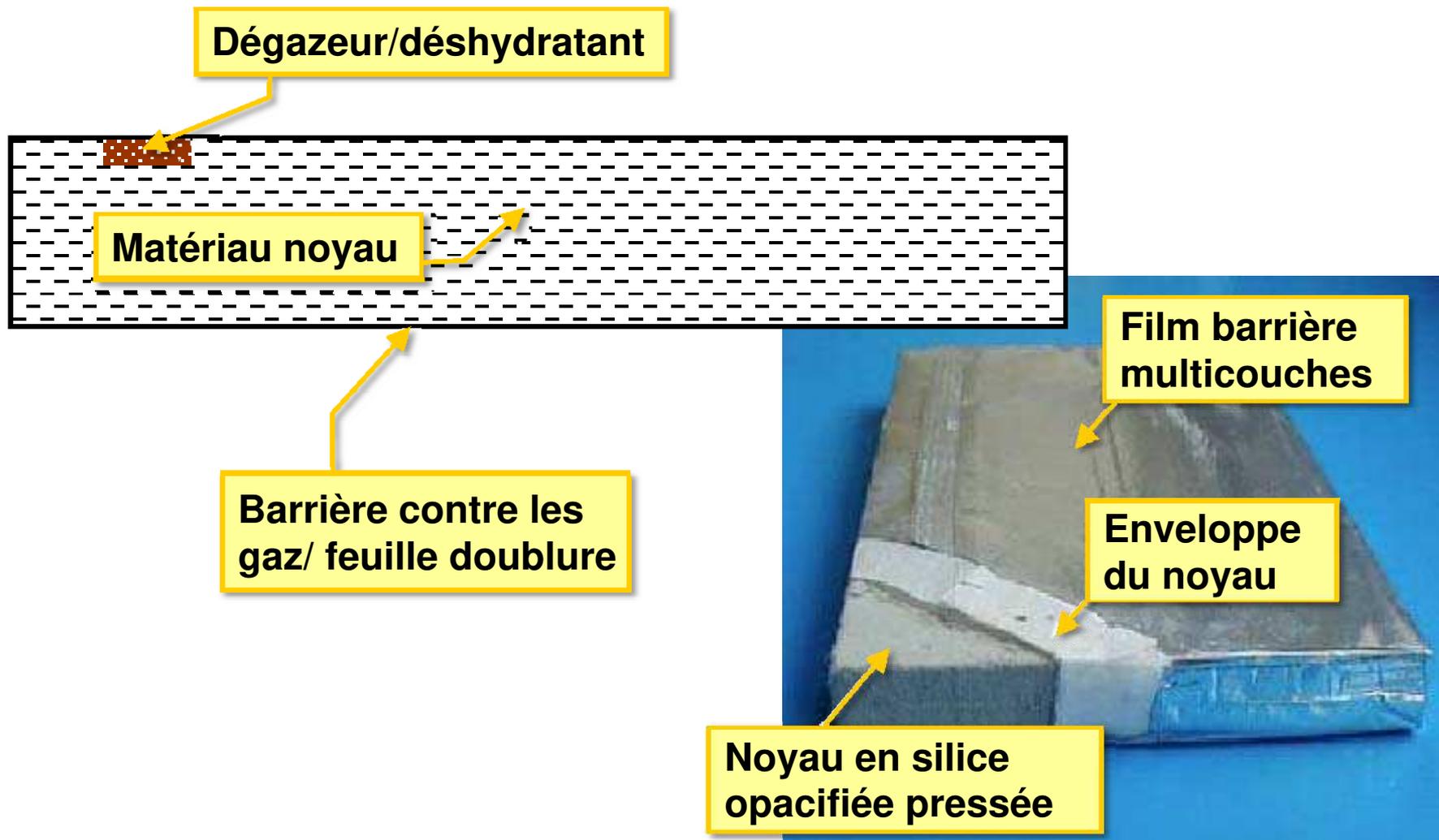
R36

25 mm (1 po)



PIV

# Panneau d'isolation sous vide (PIV)



# Panneau d'isolation sous vide (PIV)

1. Le matériau noyau confère la résistance mécanique et la capacité d'isolation thermique
2. La barrière contre les gaz / feuille doublure – est l'enveloppe étanche à l'air et à la vapeur du matériau noyau
3. Le dégazeur / déshydratant – adsorbe les gaz atmosphériques résiduels ou perméats, ou la vapeur d'eau présente dans le cœur du PIV

# Panneau d'isolation sous vide (PIV)

## ■ Avantages intrinsèques

- Résistance thermique plus élevée\*
- Élément moins épais
- Recyclable

*\* Tout dommage au système de vide (même un petit trou d'épingle) nuira gravement à la capacité d'isolation thermique des PIV*

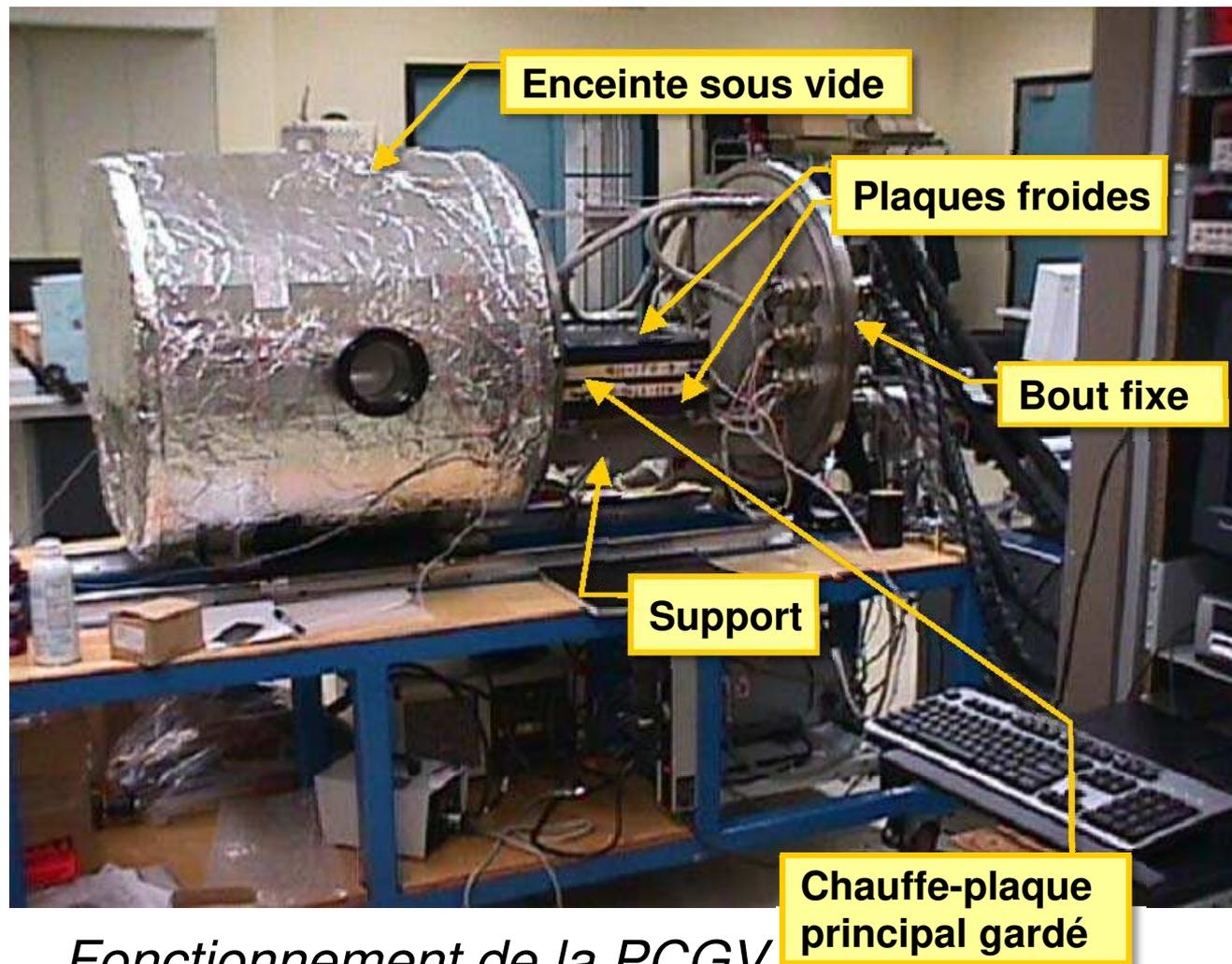
# Panneau d'isolation sous vide (PIV)

- Des défits
  - Coût (relativement coûteux)
  - Physique et génie du bâtiment
    - Vieillessement et durabilité
    - Effets des ponts thermiques aux bords
    - Condensation

## Divers matériaux noyaux pour les PIV

- La silice précipitée, la silice sublimée, le nanogel (aérogel de silice) servent de matériaux noyaux
- Les matériaux noyaux sont coûteux
- D'autres matériaux noyaux peuvent diminuer le coût des PIV

# Plaque chaude gardée sous vide (PCGV)

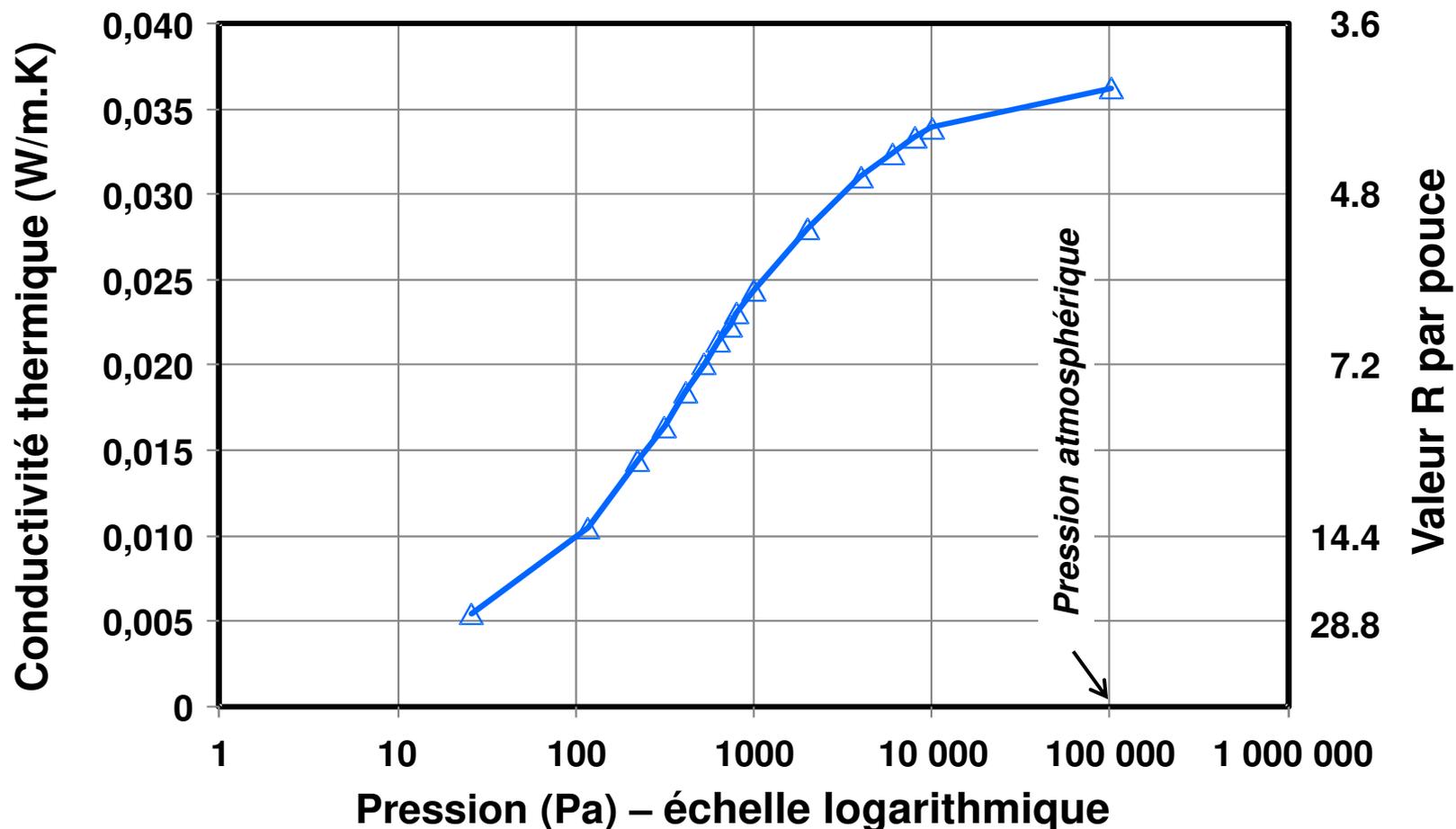


*Fonctionnement de la PCGV*

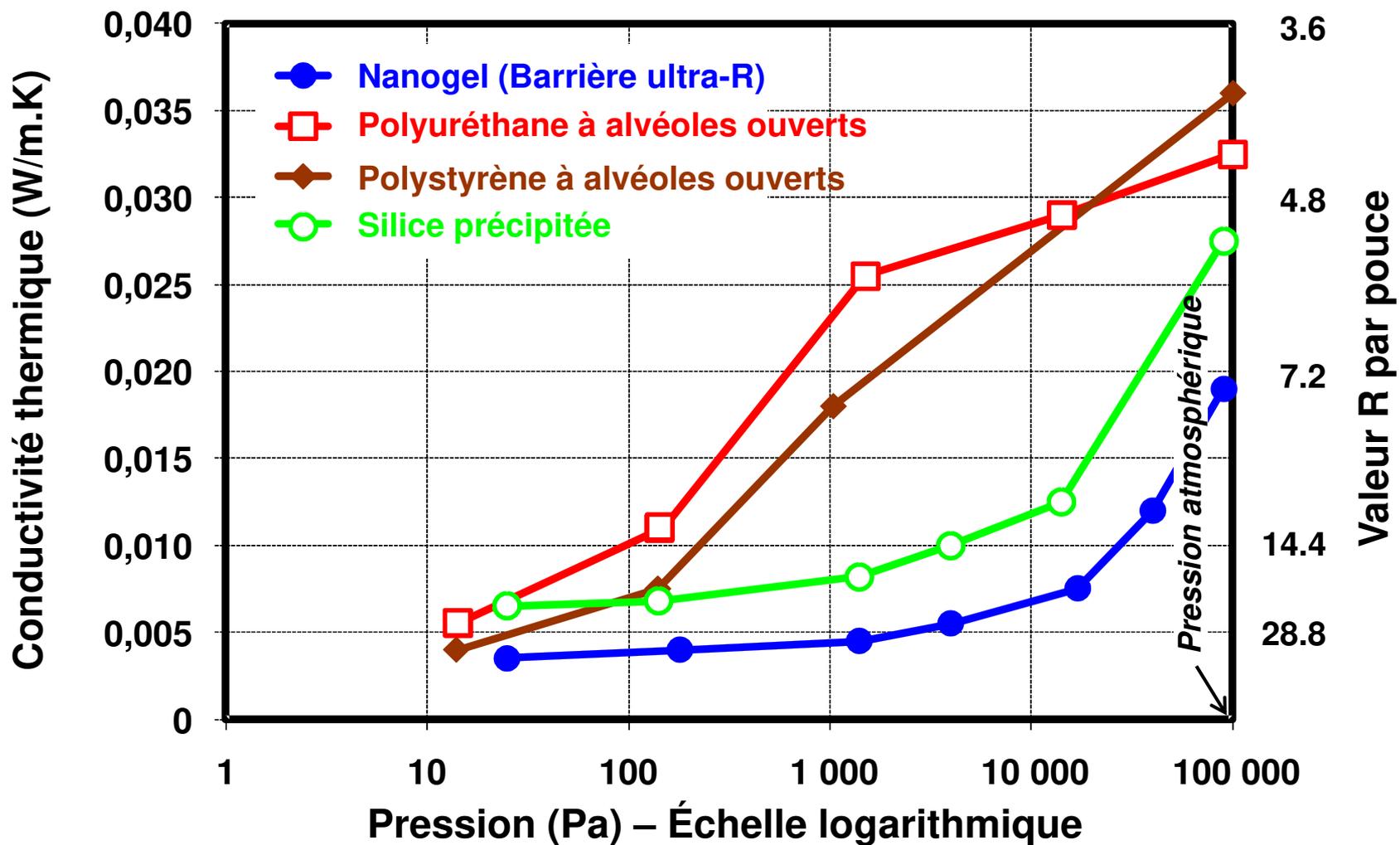
# Caractéristiques des matériaux noyaux

*Caractéristiques thermiques en fonction de la pression dans les pores*

*(Fibre de bois minérale oxydée)*

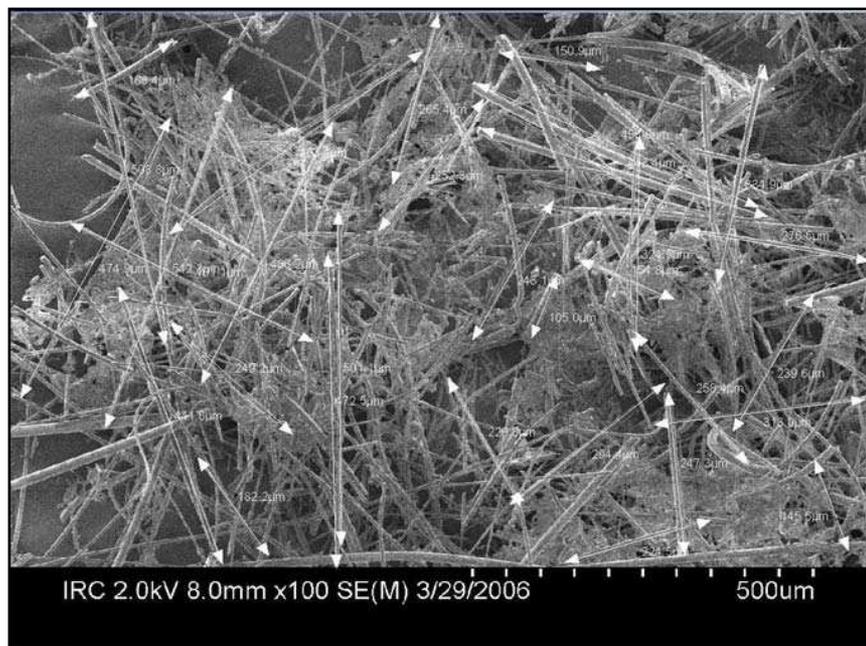


# Caractéristiques thermiques des matériaux noyaux



# Autres matériaux noyaux nanopores

## Analyse de la structure des pores – Microscope électronique à balayage



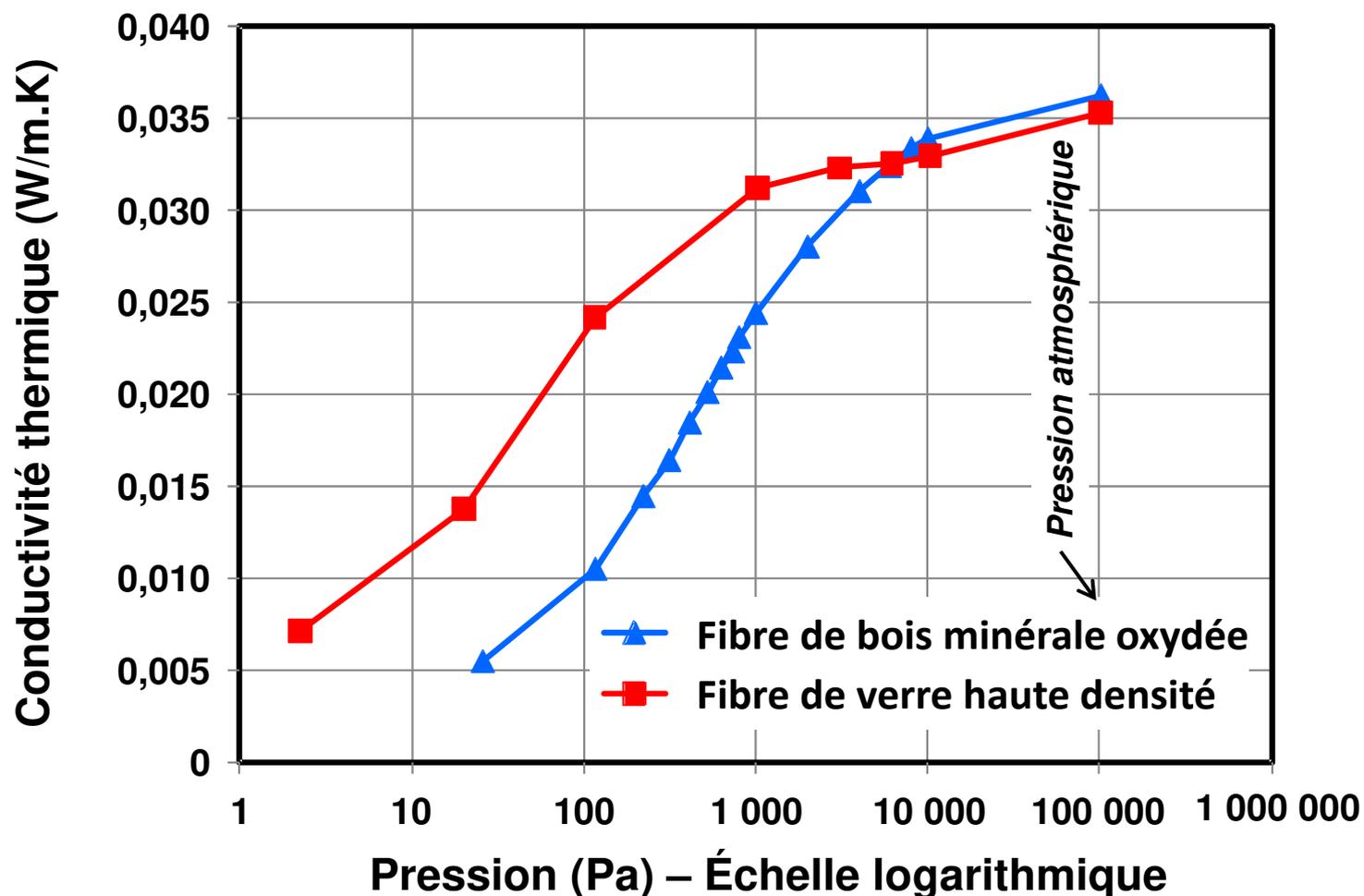
*Fibre de bois minérale oxydée  
(FBMO)*



*Fibre de verre haute densité  
(FVHD)*

# Autres matériaux noyaux nanopores

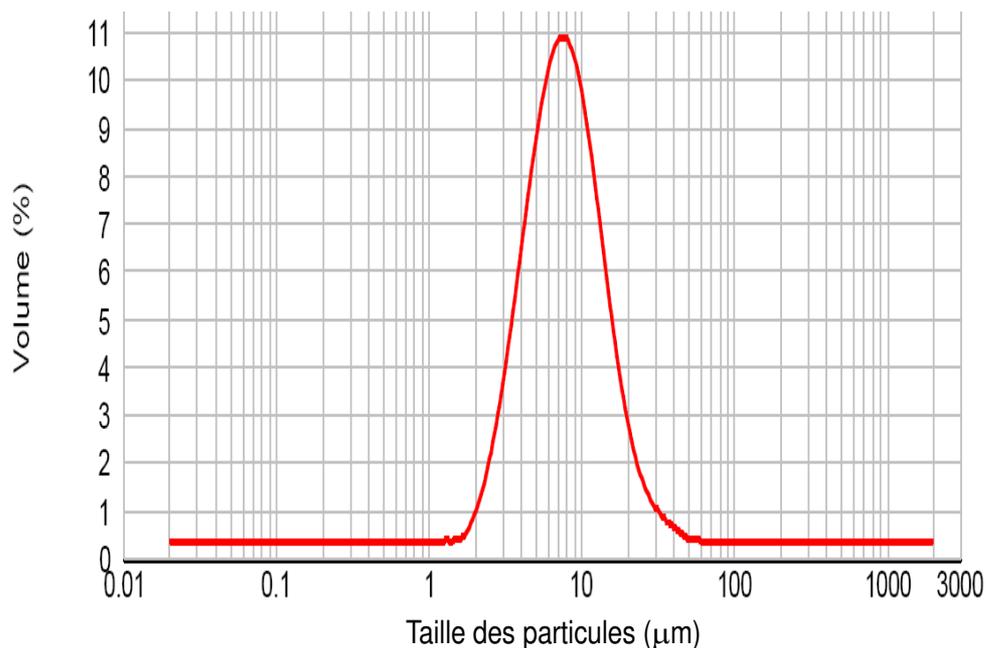
## Caractéristiques thermiques de la FBMO et de la FVHD



# Autres matériaux noyaux nanopores

## Analyse de la taille des particules – Résultats de l'analyseur de particules

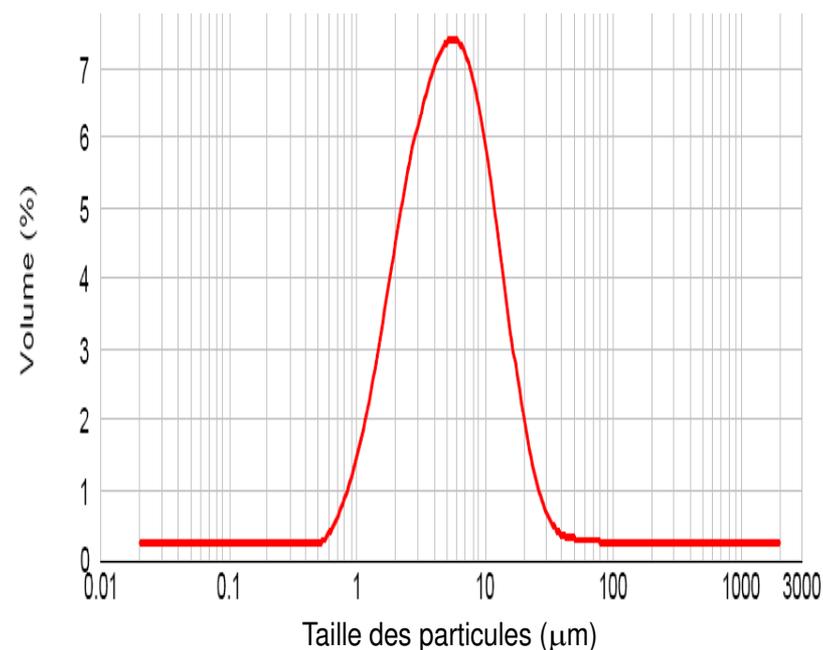
Répartition de la taille des particules



— Pierre ponce, moyenne, 23 mars 2006 10:41:33 AM

*Pierre ponce*

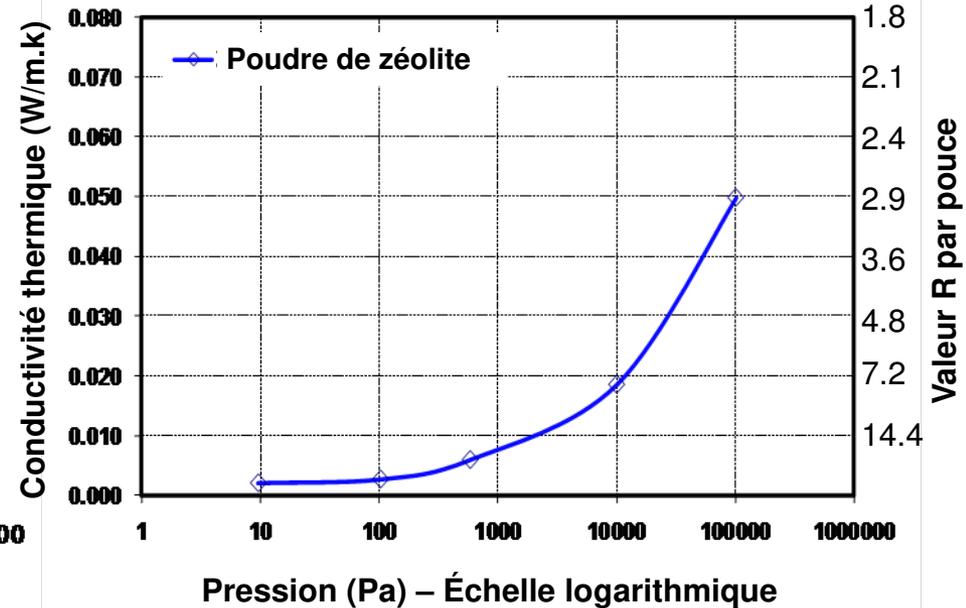
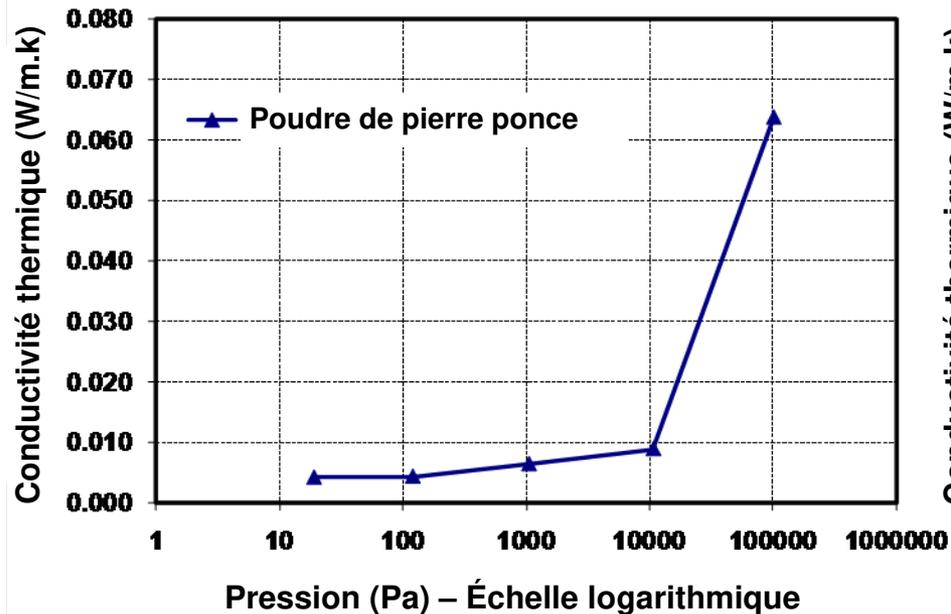
Répartition de la taille des particules



*Zéolite*

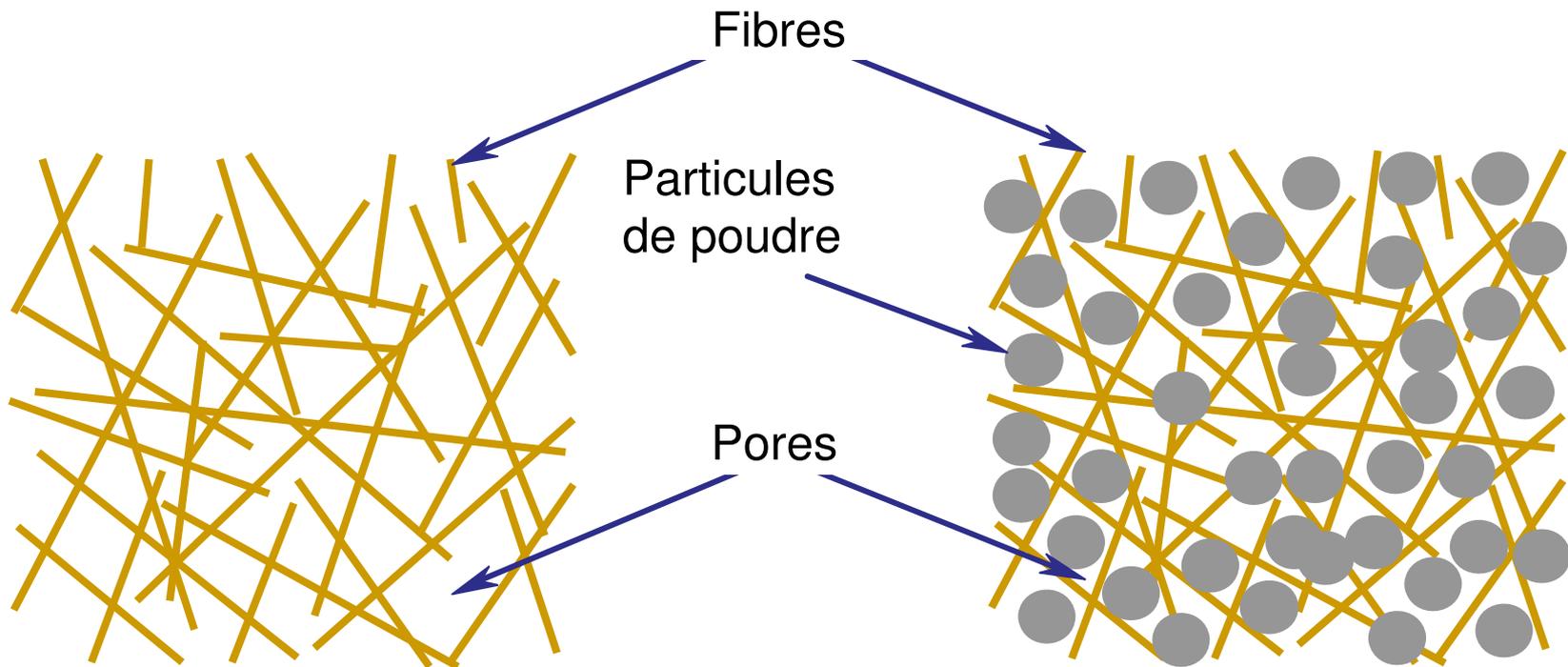
# Autres matériaux noyaux nanopores

## Caractéristiques thermiques des poudres de ponce et de zéolite



# Autres matériaux noyaux nanopores

## Composés de fibres et de poudres

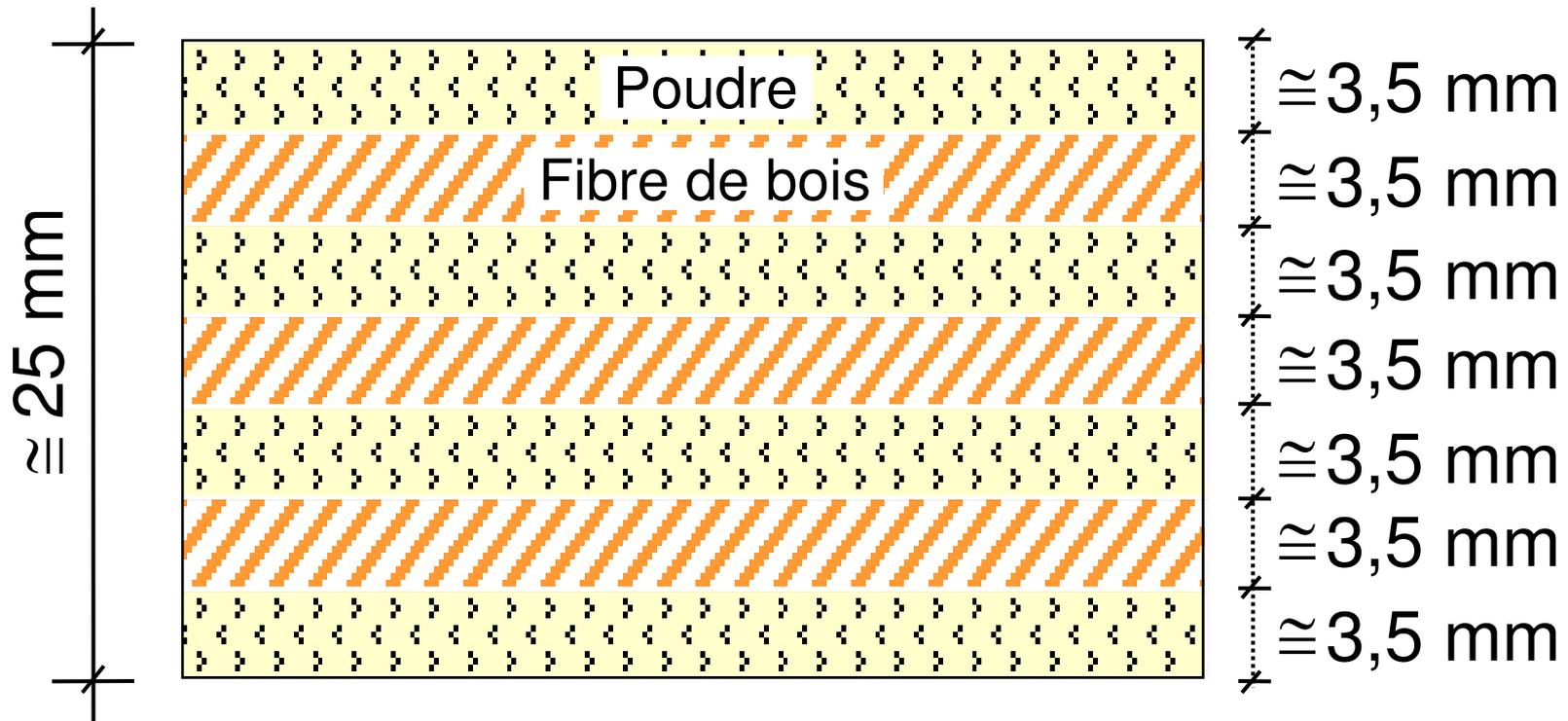


(a) Structures de pores fibreux

(b) Structures de pores fibreux consolidés par des particules

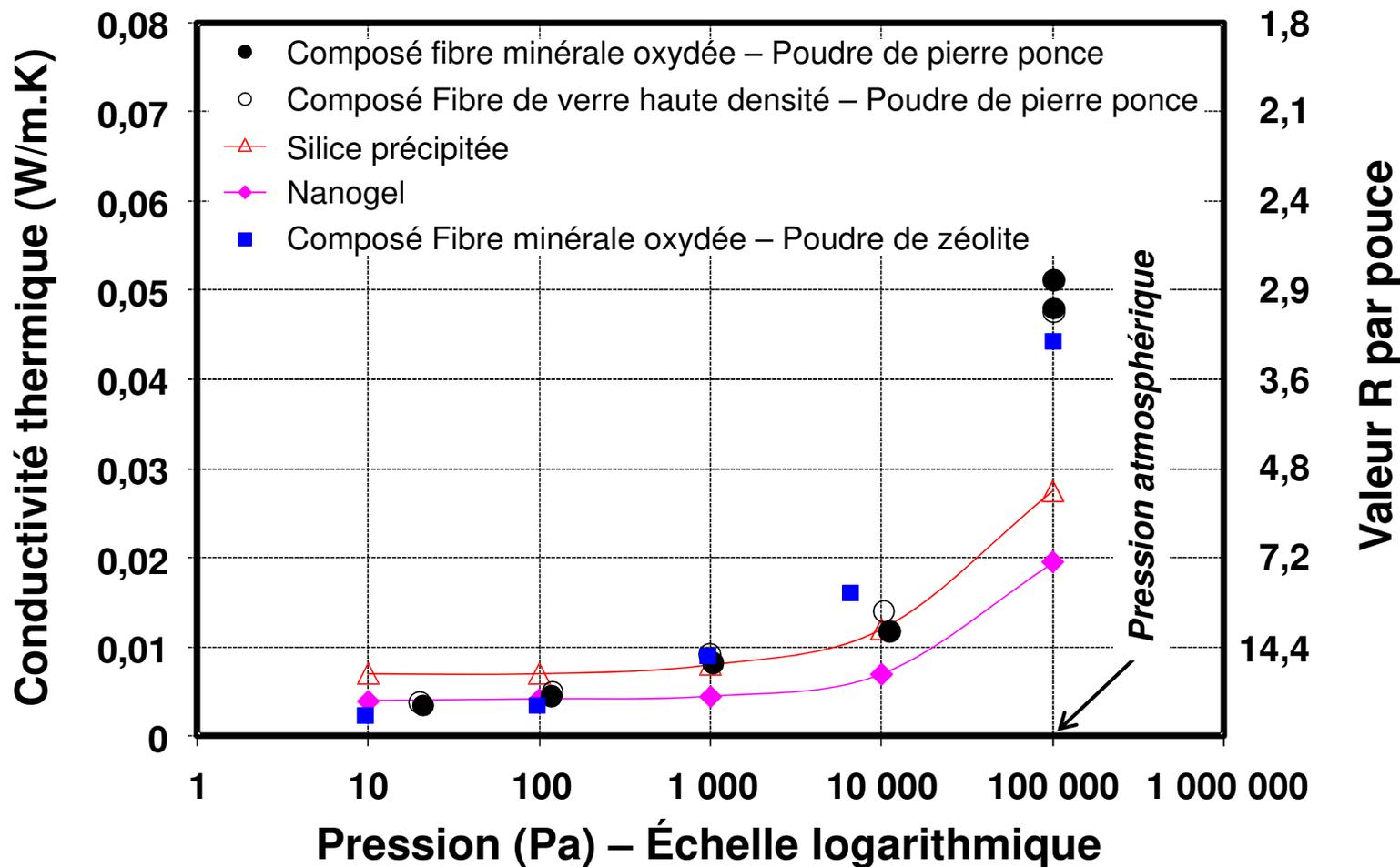
# Autres matériaux noyaux nanopores

## Composés de fibres et de poudres



# Autres matériaux noyaux nanopores

**Comparaison des caractéristiques thermiques –  
Nouveaux/Autres Matériaux noyaux c. Nanogel et silice précipitée**



# Autres matériaux noyaux nanopores

## Nouvelle installation d'emballage sous vide à l'IRC-CNRC



# Panneau d'isolation sous vide

- Inconvénients
  - Physique et génie du bâtiment
    - Vieillessement et durabilité
    - Effets des ponts thermiques aux bords
    - Condensation

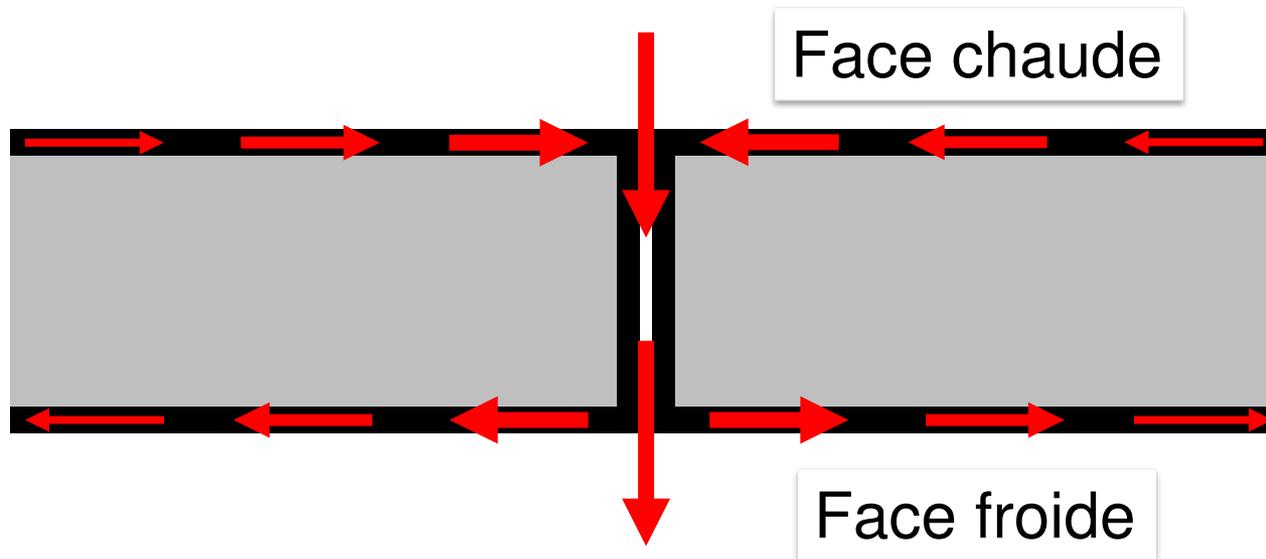
# Vieillesse et durabilité

- Fabrication
- Propriétés des matériaux noyaux
- Manipulation et exposition



# Ponts thermiques

- Utiliser de grands panneaux
- Faire chevaucher les panneaux
- Remplir les joints ouverts, aux bords, avec des matériaux isolants



# Condensation

- Les PIV sont des pare vapeur absolus
- Éviter les matériaux de construction humides
- Conséquences de la rupture du vide

# Applications diverses



# Applications diverses



Sol



Mur



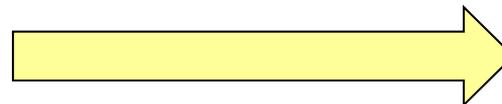
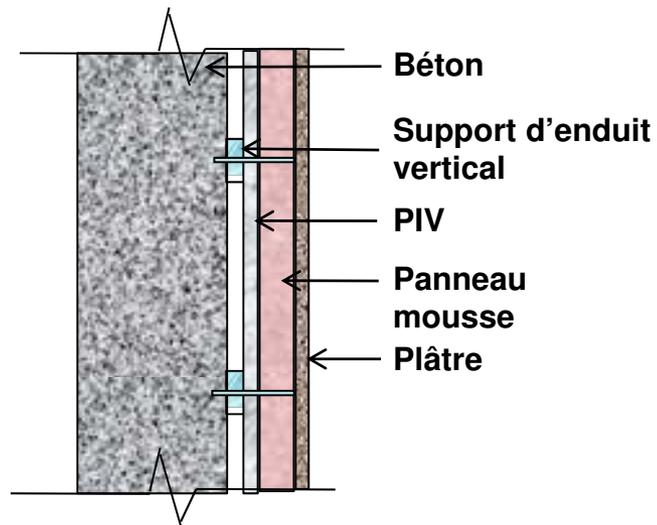
Plafond



Mur

# Immeuble appartements et bureaux (Europe)

## Rénovation des façades



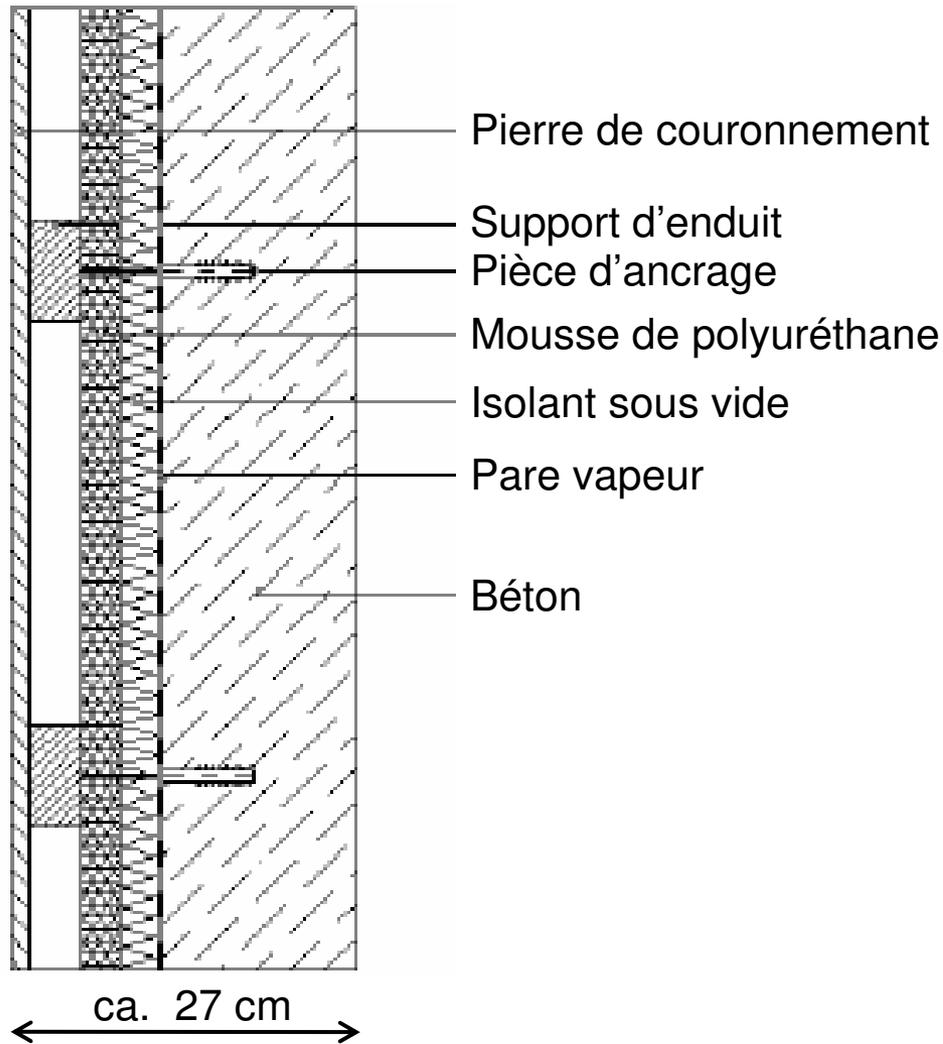
**Après**

# Immeuble de bureaux (Europe)

## Éléments en béton préfabriqués isolés



# Éléments de murs préfabriqués



# Maison jumelée (Europe)

## Rénovation de façade



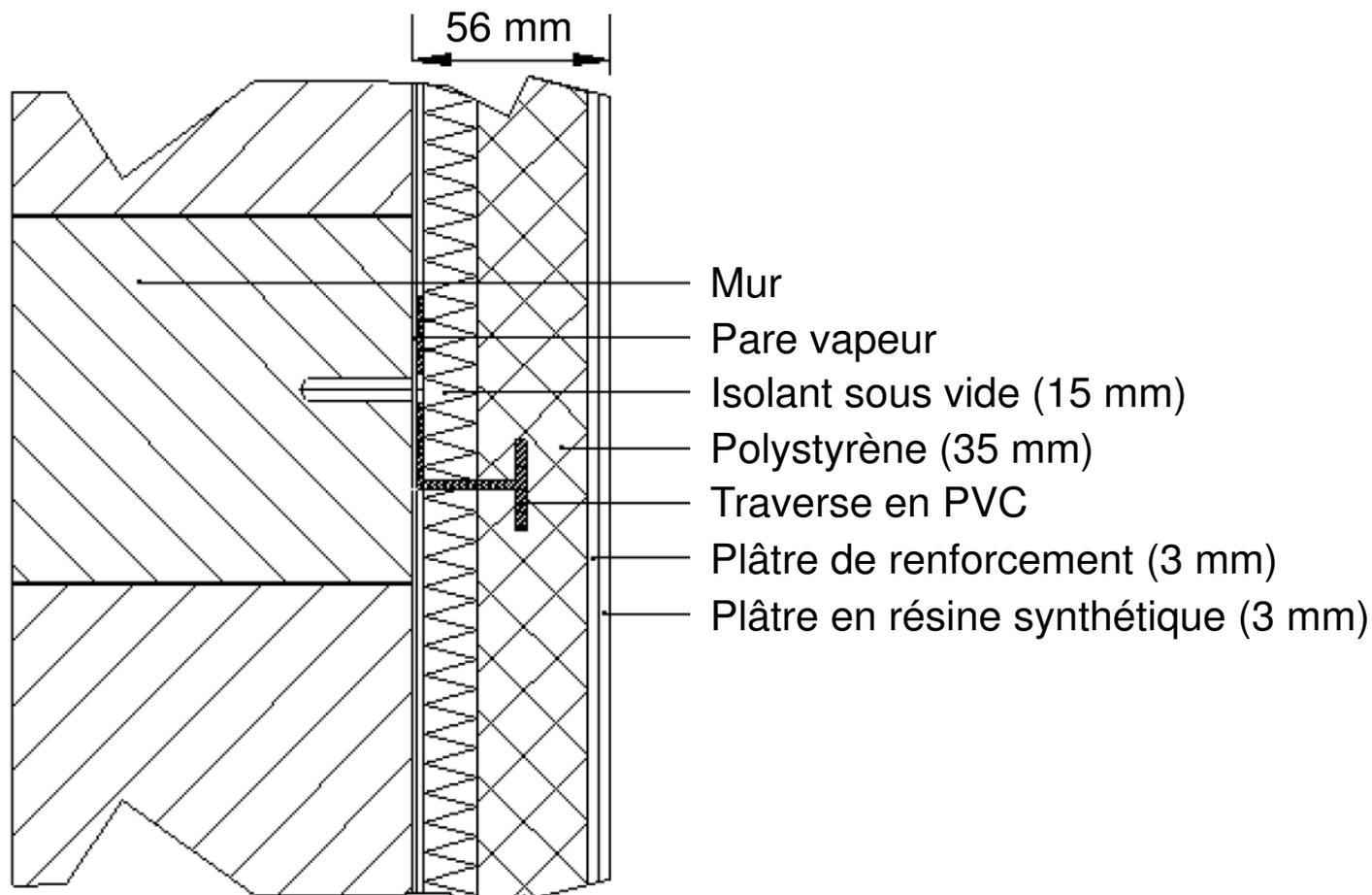
*Avant*



*Après*

# Maison jumelée

## Vue en coupe d'un mur isolé

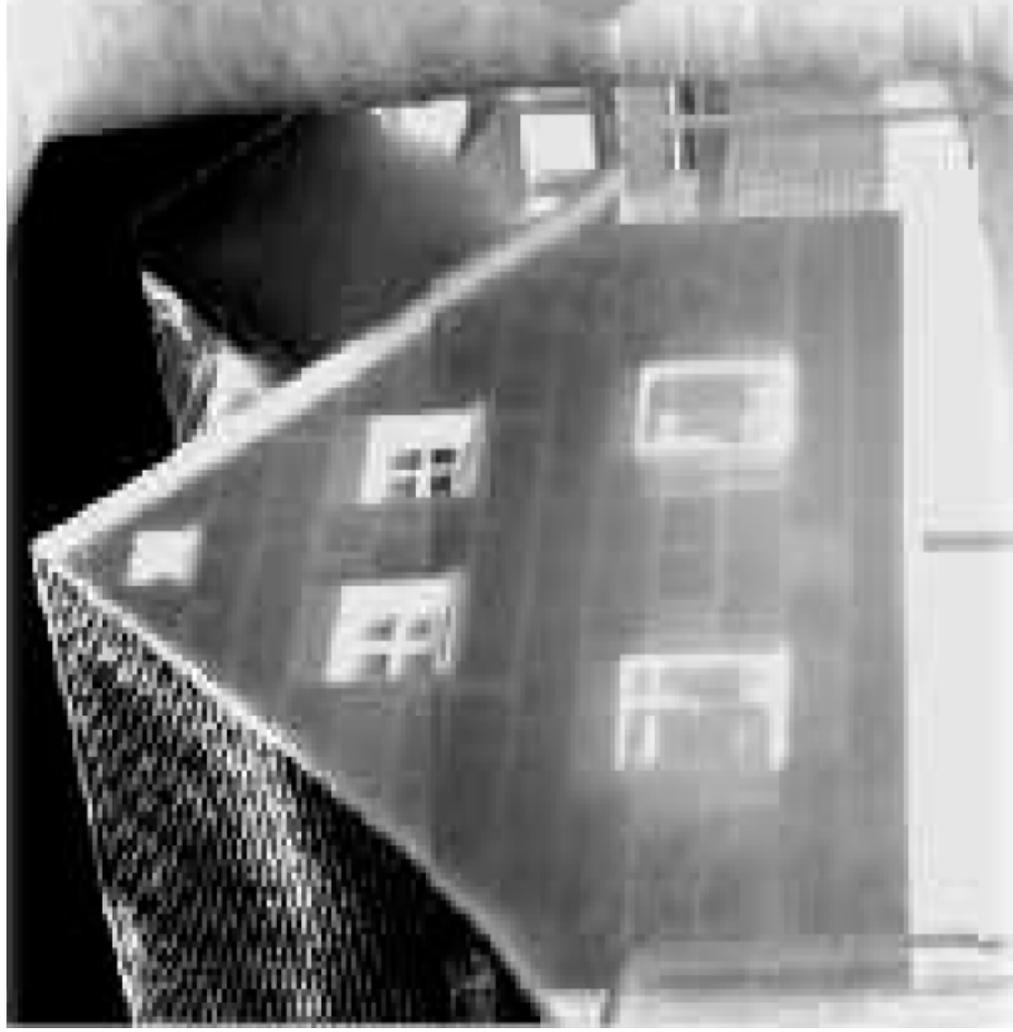


# Maison jumelée



*Installation*

# Évaluation du rendement



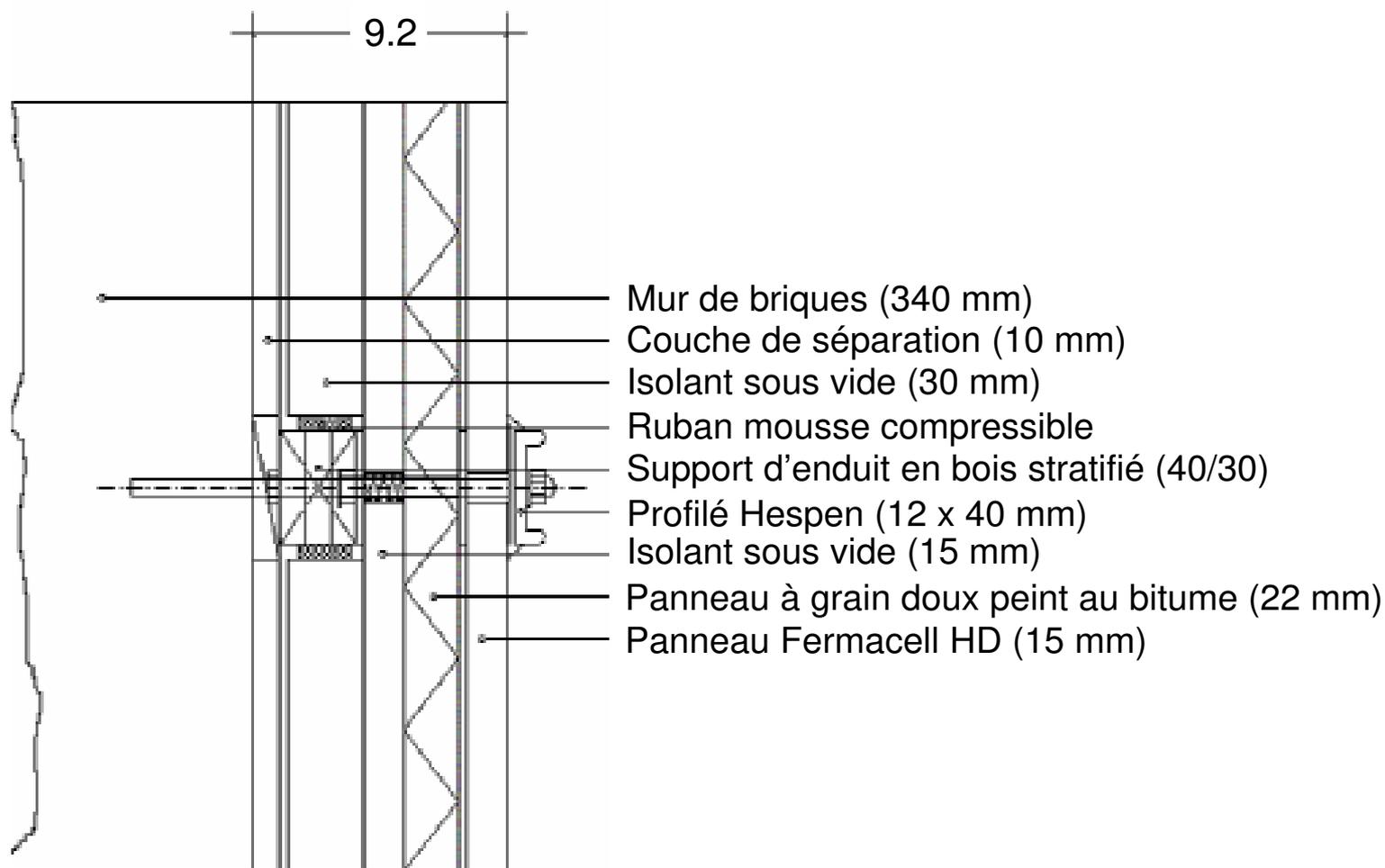
# Maison en terrasse (Europe)

## Rénovation de l'enveloppe du bâtiment



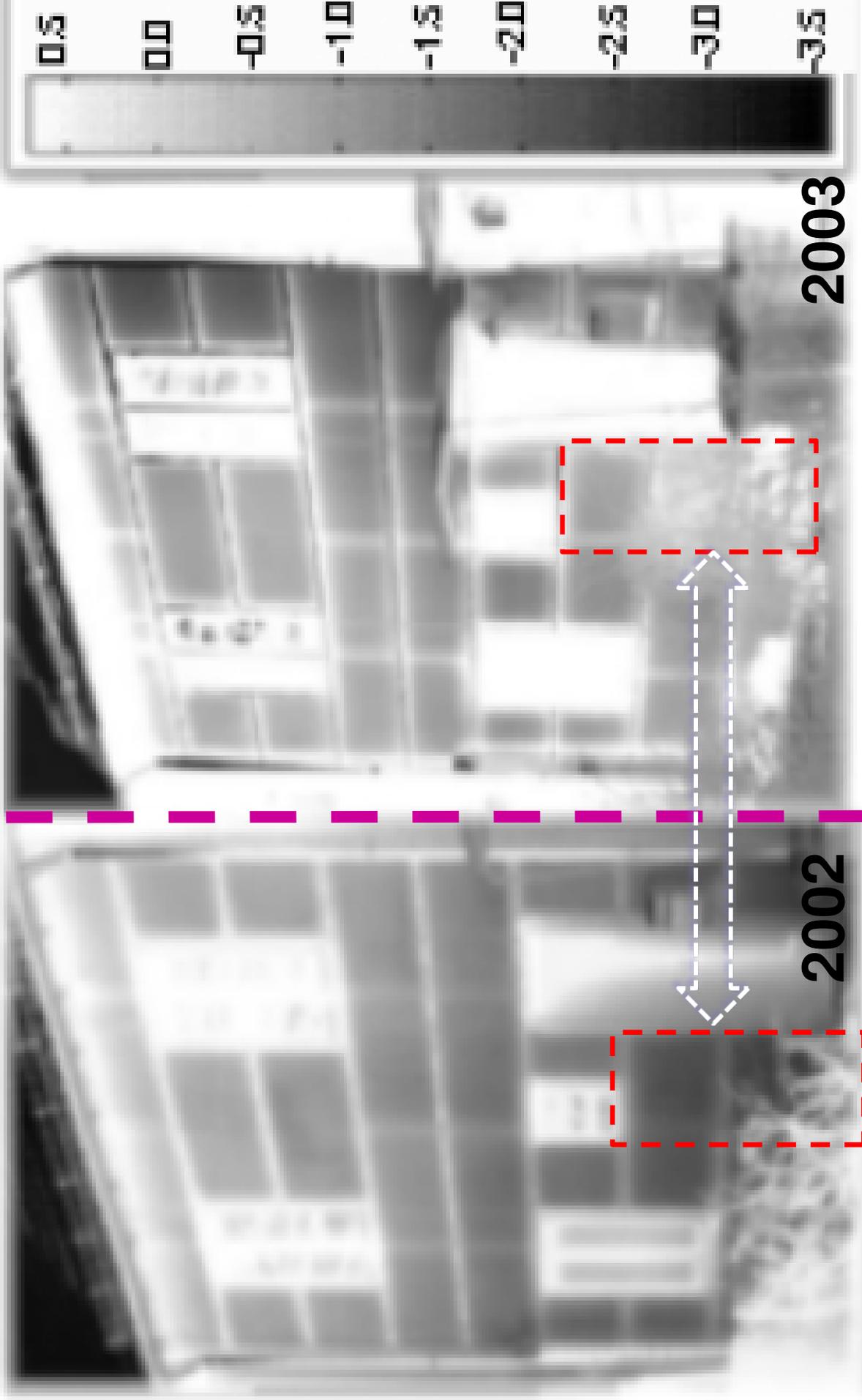
# Maison en terrasse

## Vue en coupe d'un mur isolé



# Évaluation du rendement

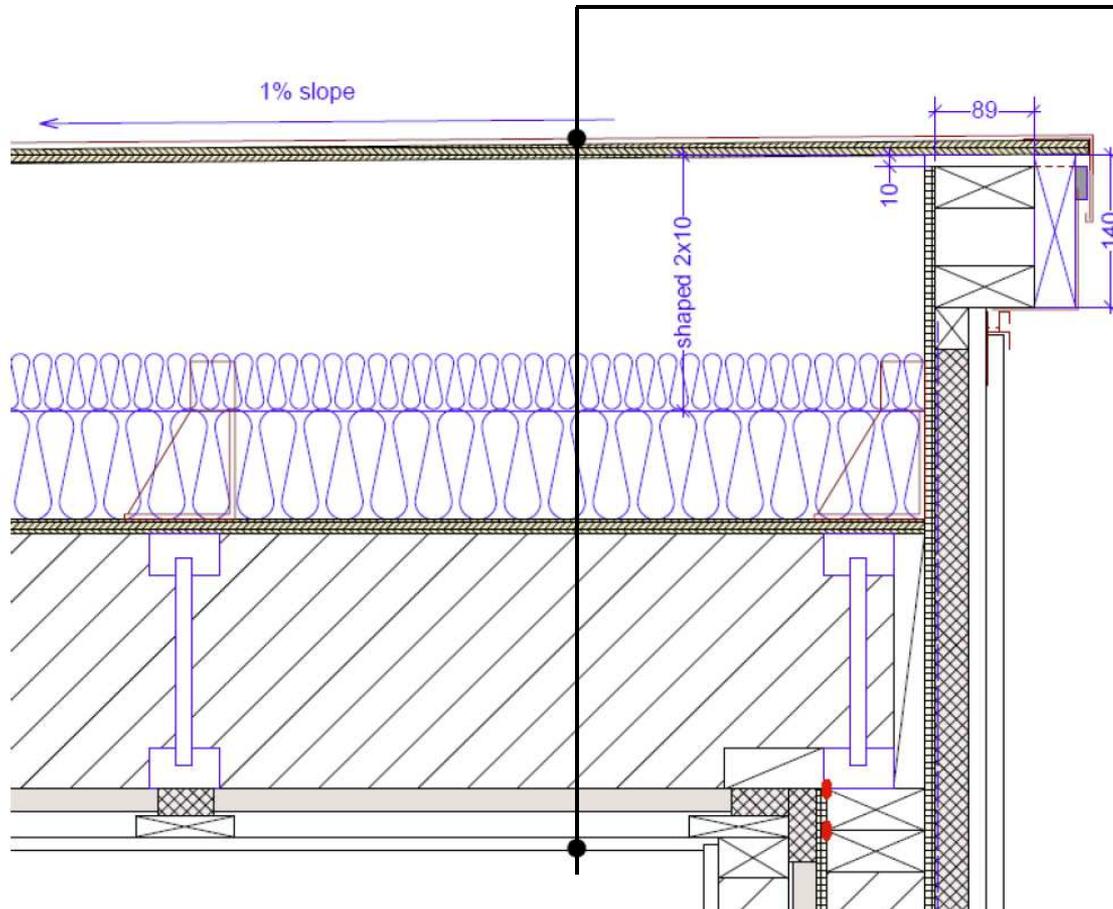
Source: AIE/ECBCS Annexe 39



# Maison à consommation d'énergie nette zéro – Super E (Japon)



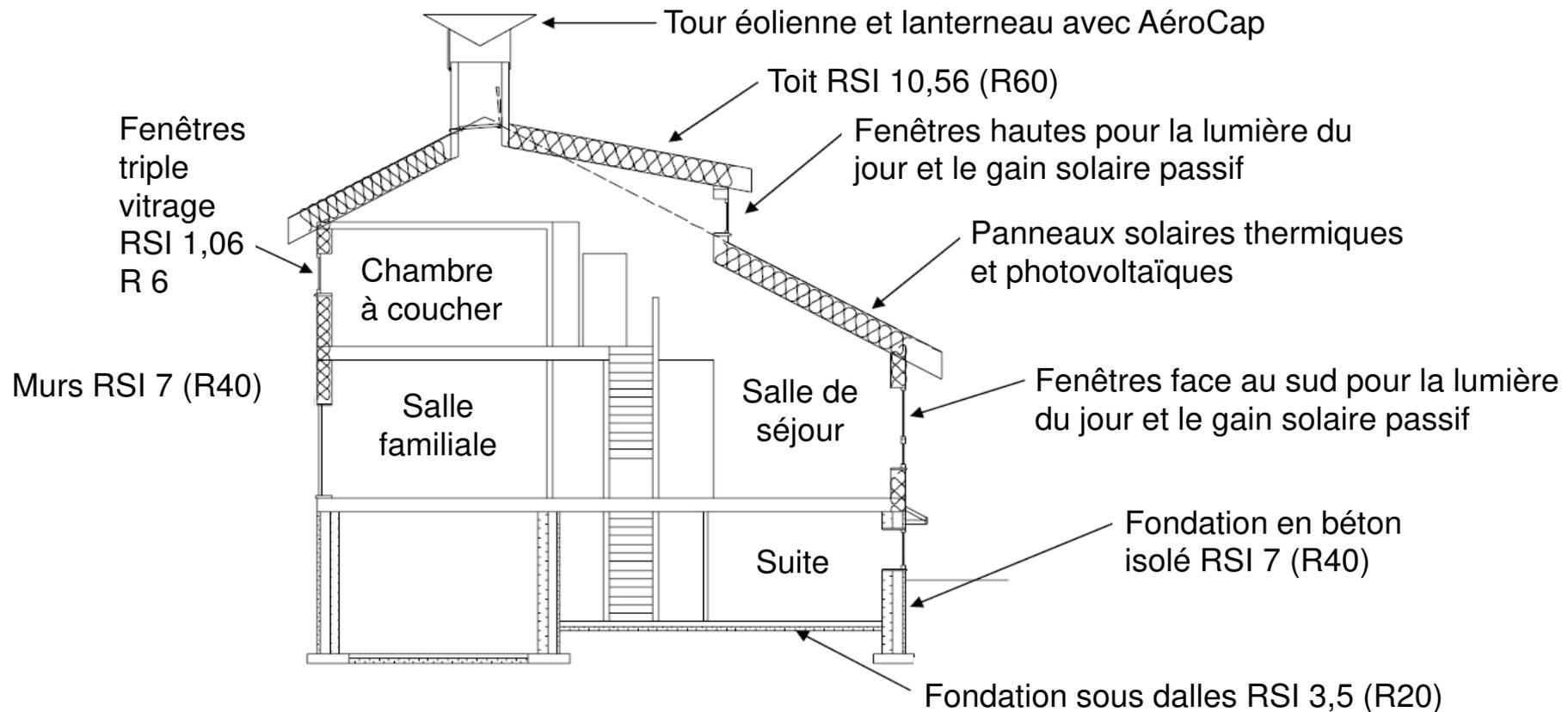
# Toit plat



## TOIT PLAT TYPIQUE

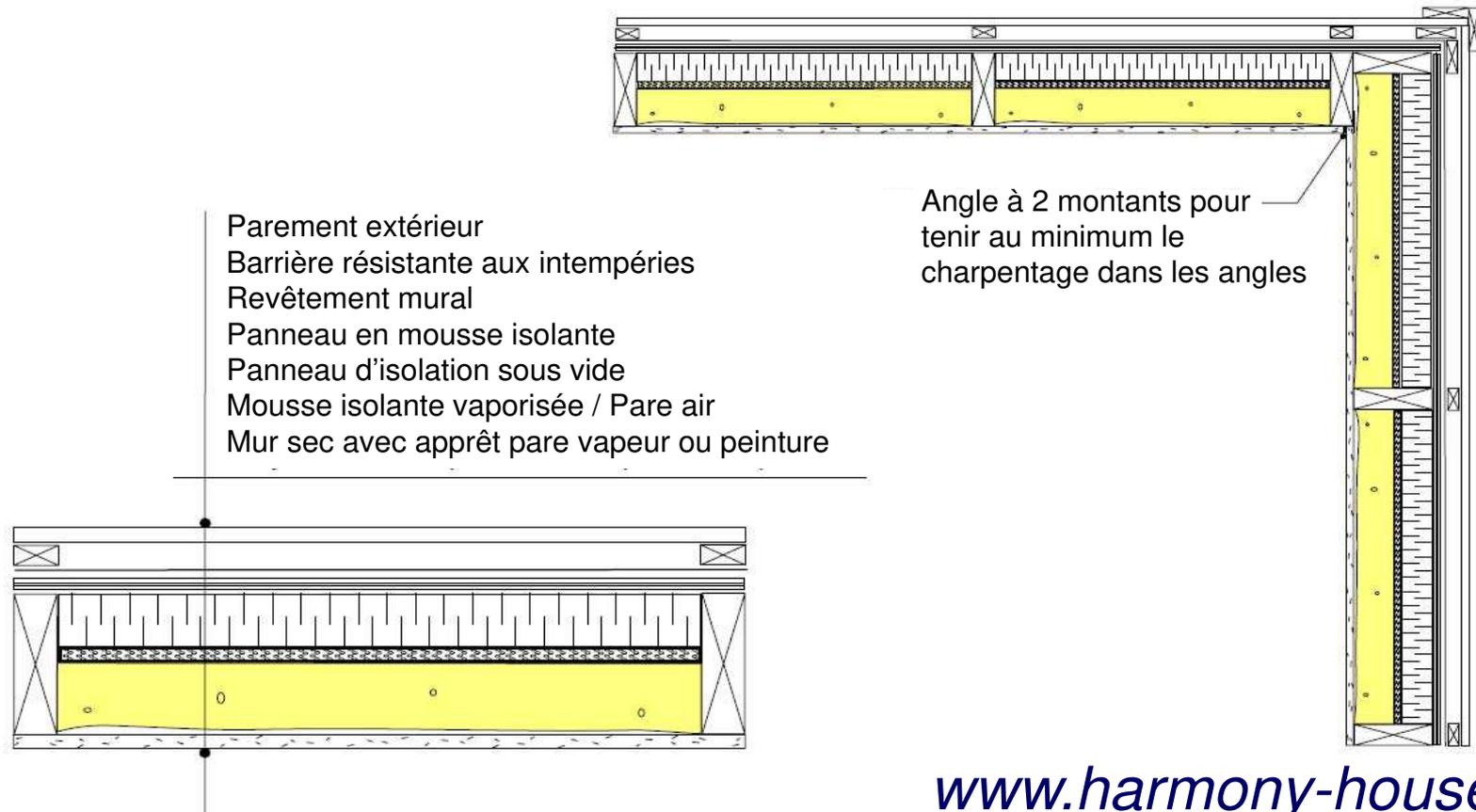
Toit en métal  
 Papier de couverture  
 Revêtement contreplaqué  
 de 12,5 mm  
 Profilé 38x184 tous les  
 610 mm entre axes  
 Support en fibre de verre  
 Laine de roche 150 mm (R22)  
 Papier de couverture  
 Revêtement contreplaqué  
 de 12,5 mm  
 Solives 241 mm tous les  
 610 mm entre axes  
 Icynene A.B. 241 mm (R34.2)  
 PIV 21 mm (R43)  
 Fond de clouage 19x89 tous  
 les 610 mm entre axes  
 Plafond en panneaux  
 secs 12,5 mm  
 Finition peinture

# Projet *Maison Harmony Equilibrium* (Canada)



# Mur

RSI 11.9 (R 67.6) Nominal  
RSI 6.6 (R 37.7) Composite



[www.harmony-house.ca](http://www.harmony-house.ca)

# Conclusions

- L'isolant thermique haute performance peut être mis en œuvre dans divers ensembles d'enveloppes extérieures des bâtiments
- Les panneaux d'isolation sous vide (PIV) représentent un excellent nouveau débouché pour l'industrie de l'isolation thermique au Canada.
- L'IRC-CNRC est à l'avant-garde de la recherche technologique sur les PIV et leurs applications

# Un dernier mot

- James Dewar a inventé le flacon thermos en 1892.



# Laboratoire des isolants et des matériaux de construction (LIMC)

## De la mesure à l'innovation

### Domaines d'études

- ❑ Évaluation du rendement thermique et de la résistance à l'humidité des matériaux d'isolation et de construction
- ❑ Laboratoire national d'étalonnage des mesures thermiques
- ❑ Soutien aux travaux de recherche du CCMC-CNRC et du CCC-CNRC
- ❑ Mise au point de méthodes d'essai normalisées
- ❑ Techniques analytiques du processus de transport thermique et d'humidité
- ❑ Maintien et tenue à jour d'une base de données unique sur les propriétés hygrothermiques des matériaux
- ❑ Recherche sur les matériaux de construction innovateurs



Compteur de flux thermique – conductivité thermique



Plaque chaude gardée sous vide – conductivité thermique



Plaque chaude gardée – conductivité thermique



Appareillage de plaque de pression – isotherme de désorption



Appareillage de perméabilité à l'air – perméabilité à l'air



Immersion partielle – Coefficient d'absorption d'eau



Mesure de la sorption / désorption – isotherme de sorption / désorption



Compartiments de température et d'humidité constantes – diffusion de la vapeur d'eau

# Remerciements

- Ressources naturelles Canada (RNCCan)
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL)
- Kingspan Insulated Panels
- Kumar Kumaran
- Nicole Normandin
- David van Reenen
- John Lackey
- Don Hobbs

**CNRC-NRC**

*Institut de  
recherche en  
construction*

Pour un  
—environnement—  
bâti de qualité

[www.irc.cnrc-nrc.gc.ca](http://www.irc.cnrc-nrc.gc.ca)



Conseil national  
de recherches Canada

National Research  
Council Canada

**Canada**