



**HAL**  
open science

## Comparaison des méthodes de détermination de la résistance thermique et analyse de l'incertitude entre les échelles du matériau et de la paroi

Xavier Sidambarompoulé, Jérôme Le Dréau, Manon Rendu, Maxime Doya,  
Patrick Salagnac

### ► To cite this version:

Xavier Sidambarompoulé, Jérôme Le Dréau, Manon Rendu, Maxime Doya, Patrick Salagnac. Comparaison des méthodes de détermination de la résistance thermique et analyse de l'incertitude entre les échelles du matériau et de la paroi. 31e congrès annuel de la Société Française de Thermique, May 2023, Reims, France. hal-05290657

**HAL Id: hal-05290657**

**<https://hal.science/hal-05290657v1>**

Submitted on 30 Sep 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

# Comparaison des méthodes de détermination de la résistance thermique et analyse de l'incertitude entre les échelles du matériau et de la paroi



X. SIDAMBAROMPOULÉ<sup>(1) (2)</sup>, J. LE DRÉAU<sup>(1)</sup>, M. RENDU<sup>(2)</sup>, M. DOYA<sup>(2)</sup>, P. SALAGNAC<sup>(\*) (1)</sup>

## Contexte

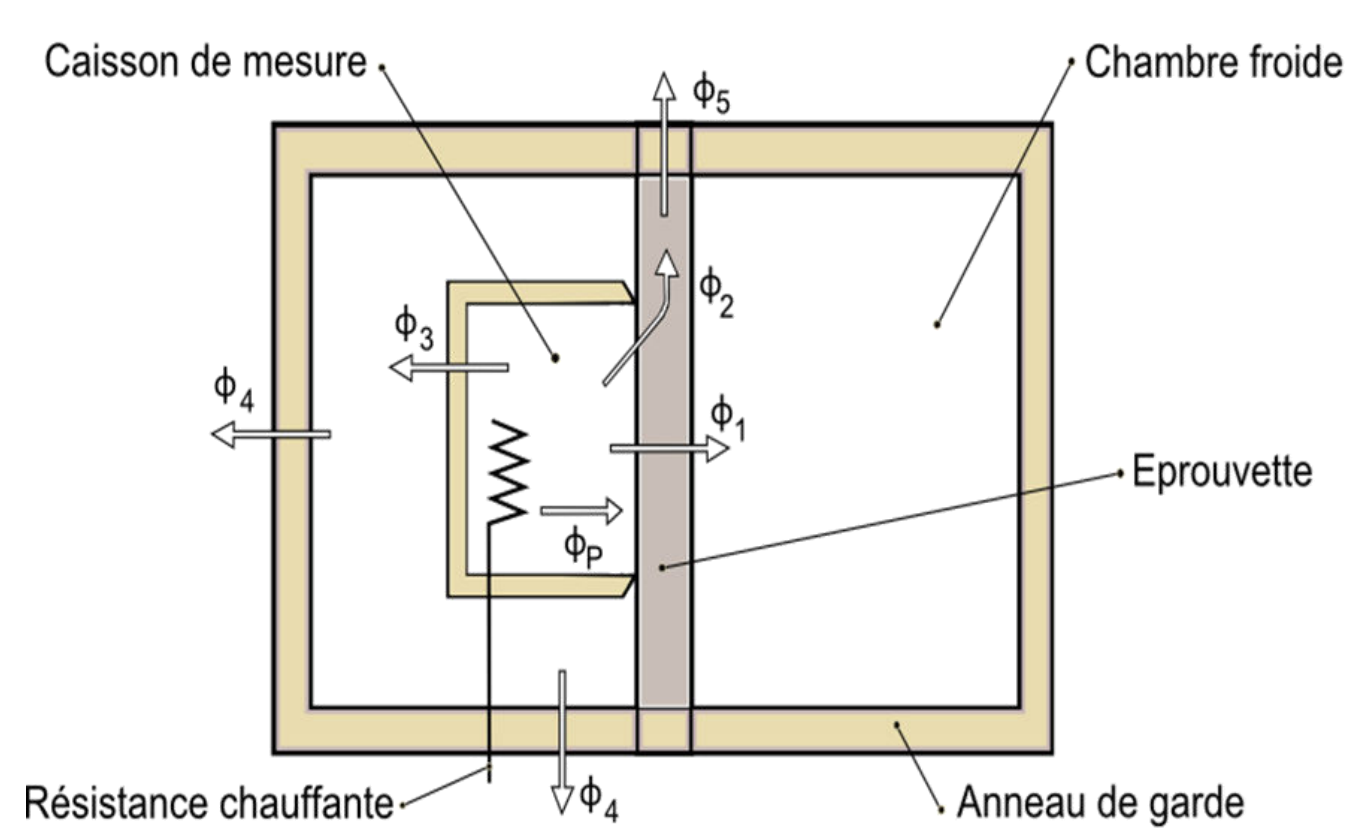
Dans le but d'assurer un niveau élevé d'efficacité énergétique tout en conservant un haut niveau de confort, la conception de bâtiments performants est devenue de plus en plus complexe. Pour évaluer la performance thermique des bâtiments, des modèles de simulation sont utilisés, et s'appuient sur des hypothèses et des données comme les propriétés thermiques des matériaux. Cependant, certaines de ces hypothèses peuvent être remises en question. Par exemple, la simulation du comportement thermique de l'enveloppe d'un bâtiment est basé sur des propriétés mesurées sur de petits échantillons à l'aide d'une plaque chauffante gardée (PCG). Cette mesure peut être influencée par le traitement de surface de l'échantillon (pour assurer le contact), la compression de l'échantillon... Dans tous les cas, cette mesure ne prend jamais en compte les effets d'échelle et la mise en œuvre.

Pour remédier à cela, des mesures en boîte chaude gardée (BCG) à l'échelle 1 peuvent être effectuées pour fournir des données d'entrée plus fiables aux modèles. La BCG est un système expérimental composé de deux enceintes climatiques conditionnées en température et d'une boîte de mesure qui est placée dans la chambre chaude servant de garde. La résistance thermique de l'ensemble de l'échantillon est déterminée par l'équilibre thermique au niveau de la boîte de mesure. Les BCG sont adaptées aux échantillons de grandes tailles, plus représentatifs de l'échelle du bâtiment ce qui permet d'étudier les assemblages réels de matériaux.

## Méthode

Elle est composée :

- d'une **paroi** (2,2 x 2,2 x 0,45 m), dont on cherche à mesurer la résistance thermique,
- de deux **chambres** conditionnées, pouvant être régulées en :
  - température (-15°C | 40°C)
  - humidité relative (5 % | 95 %)
  - différence de pression (0 | 40 Pa)



### Conditions expérimentales

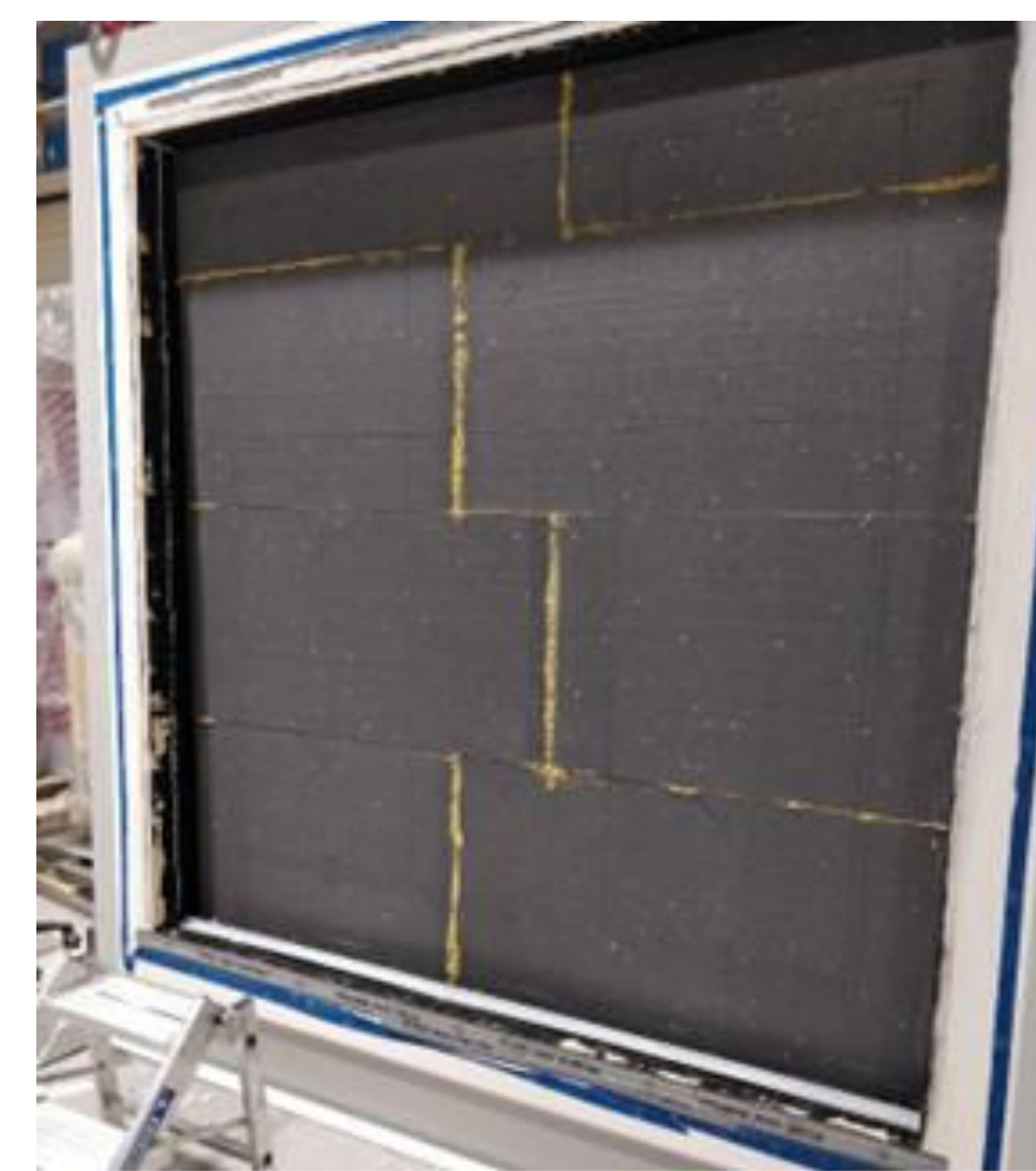
- $T_{\text{chambre froide}} = 0^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{chambre chaude}} = 20^{\circ}\text{C}$
- $v_{\text{air}} = 0,5 \text{ m/s}$
- Régime stationnaire

### Calcul de la résistance thermique (R)

$$R = \frac{S \Delta T}{\Phi_1} = \frac{S (T_{s\text{chaud}} - T_{s\text{froid}})}{\Phi_1}$$

$T_s$  est la température de surface mesurée par 9 thermocouples de type T

$\Phi_1$  est le flux thermique traversant la paroi, calculé à l'aide d'un bilan thermique réalisé sur le caisson de mesure.



### Paroi

- PSE ( $\lambda = 0,031 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ )
- Épaisseur : 120 mm

- d'un **caisson de mesure** pour déterminer le flux traversant la paroi. Il permet de :
  - contrôler la vitesse d'air en surface de paroi,
  - mesurer les puissances échangées,
  - mesurer les températures (air, surface ...)

## Résultats et analyses

**Calcul de l'incertitude de R :**  $u_R = R \sqrt{\left(\frac{u_{\Delta T}}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{u_{\Phi_1}}{\Phi_1}\right)^2 + \left(\frac{u_S}{S}\right)^2}$   
(NF ISO 8990)

- Hétérogénéité spatiale :  $u_{sp} = \frac{\max(T_{XC-TC-i}) - \min(T_{XC-TC-i})}{2\sqrt{3}}$
- Dispersion temporelle :  $u_t$ , noté  $u_{ti}$  si on s'intéresse au capteur i
- Appareils de mesure - Erreurs de calibre et de lecture :  $u_{range}$  et  $u_{reading}$

### Températures :

- Homogénéité du bain de calibration :  $u_{bain}$
- Certificat d'étalonnage de la sonde étalon :  $u_{sonde\ ref}$
- Conversion  $\Omega$  ou mV  $\rightarrow$   $^{\circ}\text{C}$  :  $u_{math}$

### Pt100 :

$$u_{Ti} = \sqrt{(u_{range} * range)^2 + (u_{reading} * \Omega)^2 + u_{bain}^2 + u_{sonde\ ref}^2 + u_{math}^2}$$

### Thermocouples :

- Erreur sur la compensation de soudure froide (par Pt100) :  $u_{Pt100}$

$$u_{Ti} = \sqrt{(u_{range} * range)^2 + (u_{reading} * V)^2 + u_{bain}^2 + u_{sonde\ ref}^2 + u_{Pt100}^2 + u_{math}^2}$$

$$\rightarrow u_{\Delta T} = \sqrt{\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{u_{Ti}^2 + u_{ti}^2}\right]^2 + u_{sp}^2}$$

### Puissance :

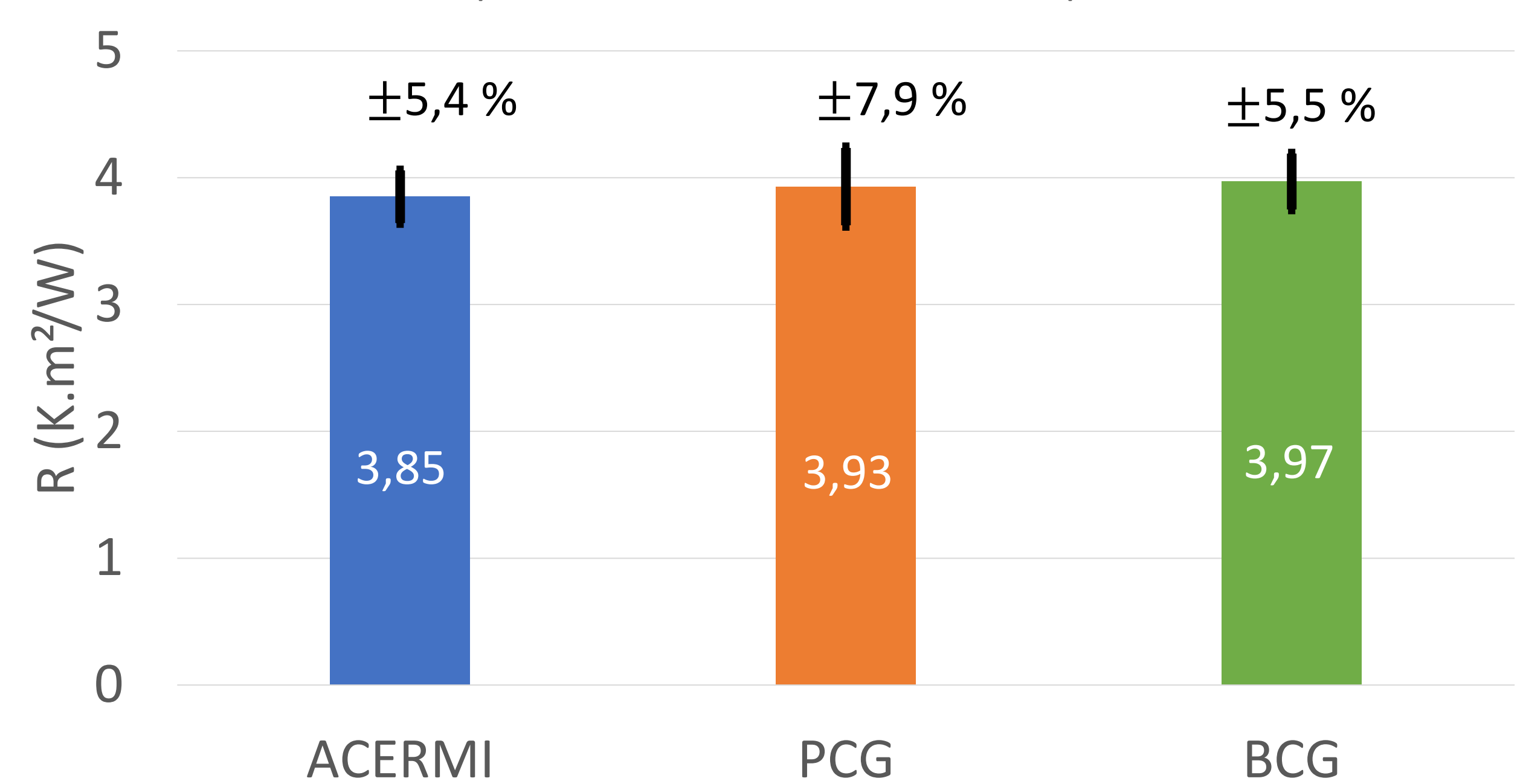
$$\rightarrow u_{\Phi_1} = \sqrt{(u_{range} * range)^2 + (u_{reading} * \Phi_1)^2 + u_t^2}$$

### Surface :

- Erreur de graduation :  $u_x = 5 \text{ mm}$

$$\rightarrow u_s = 2u_x * \sqrt{S} * 4 = 0,07 \text{ m}^2$$

Comparaison des résistances thermiques



ACERMI : Mesure fournie par le fabricant  
PCG : Mesure réalisée avec une plaque chaude gardée  
BCG : Mesure réalisée avec la boîte chaude gardée

- L'incertitude de la PCG est plus importante que les deux autres méthodes. Les dimensions de l'isolant et sa conductivité thermique nécessitent une très faible injection de puissance (~90 mW). L'incertitude sur la puissance (~20 mW) n'est pas négligeable devant la mesure.

→ La BCG est plus intéressante pour ce type d'échantillon.

- En BCG, des essais réalisés avec  $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$  ont mis en évidence une faible variation de l'incertitude (< 1 %) qui est due essentiellement à l'incertitude sur la surface de mesure.

### Futurs travaux sur la mesure de R :

- Mesure de R Systèmes complexes (placo, isolant, béton, bois...)
- Défauts de mises en œuvre
- Impact de l'humidité

### Autres travaux prévus :

- Détermination de l'inertie thermique
- Effet de la différence de pression sur les performances thermiques et hydriques des parois poreuses