



**HAL**  
open science

## Caractérisation des propriétés thermophysiques de mousses céramiques par méthode Flash

Morgan Laurent-Sans, Vincent Schick, Olivier Farges, G. Parent

► **To cite this version:**

Morgan Laurent-Sans, Vincent Schick, Olivier Farges, G. Parent. Caractérisation des propriétés thermophysiques de mousses céramiques par méthode Flash. 26ème Congrès SFT, May 2018, Pau, France. hal-02549735

**HAL Id: hal-02549735**

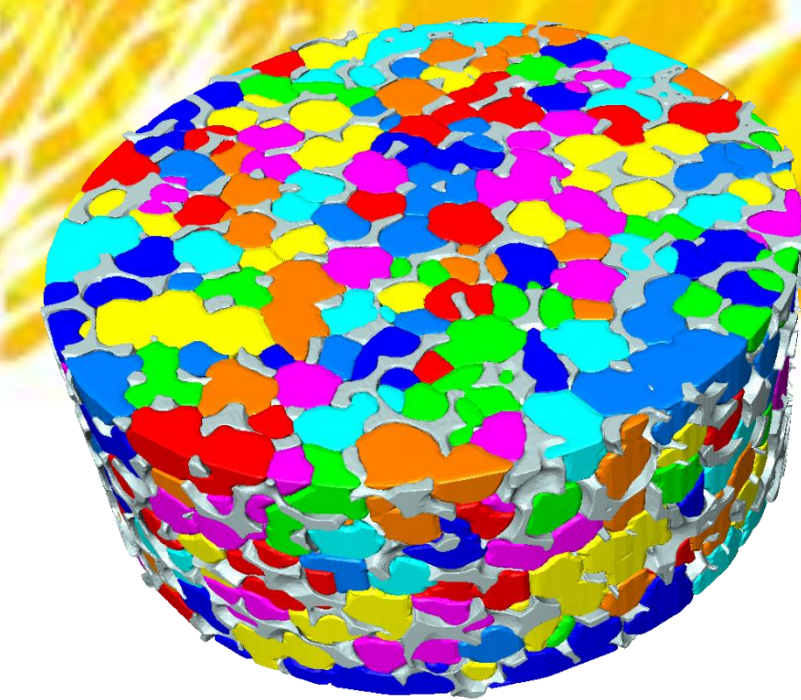
**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02549735v1>**

Submitted on 21 Apr 2020

**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.

# Caractérisation des propriétés thermophysiques de mousses céramiques par méthode Flash



M. Laurent-Sans<sup>(1\*)</sup> & V. Schick<sup>(1)</sup> & O. Farges<sup>(1)</sup> & G. Parent<sup>(1)</sup>

## Résumé

- Propriétés thermomécaniques intéressantes des mousses céramiques pour la récupération / stockage / transport de la chaleur à haute température
- Besoin de développement de modélisation la plus fine possible du point de vue des transferts de chaleur couplés (conduction, convection et rayonnement) sur des géométries complexes.

**Objectif :** Meilleure compréhension de la physique impliquée / Support pour l'optimisation géométrique, texturale et thermique des mousses céramiques

Détermination des propriétés thermiques et radiatives par méthode Flash

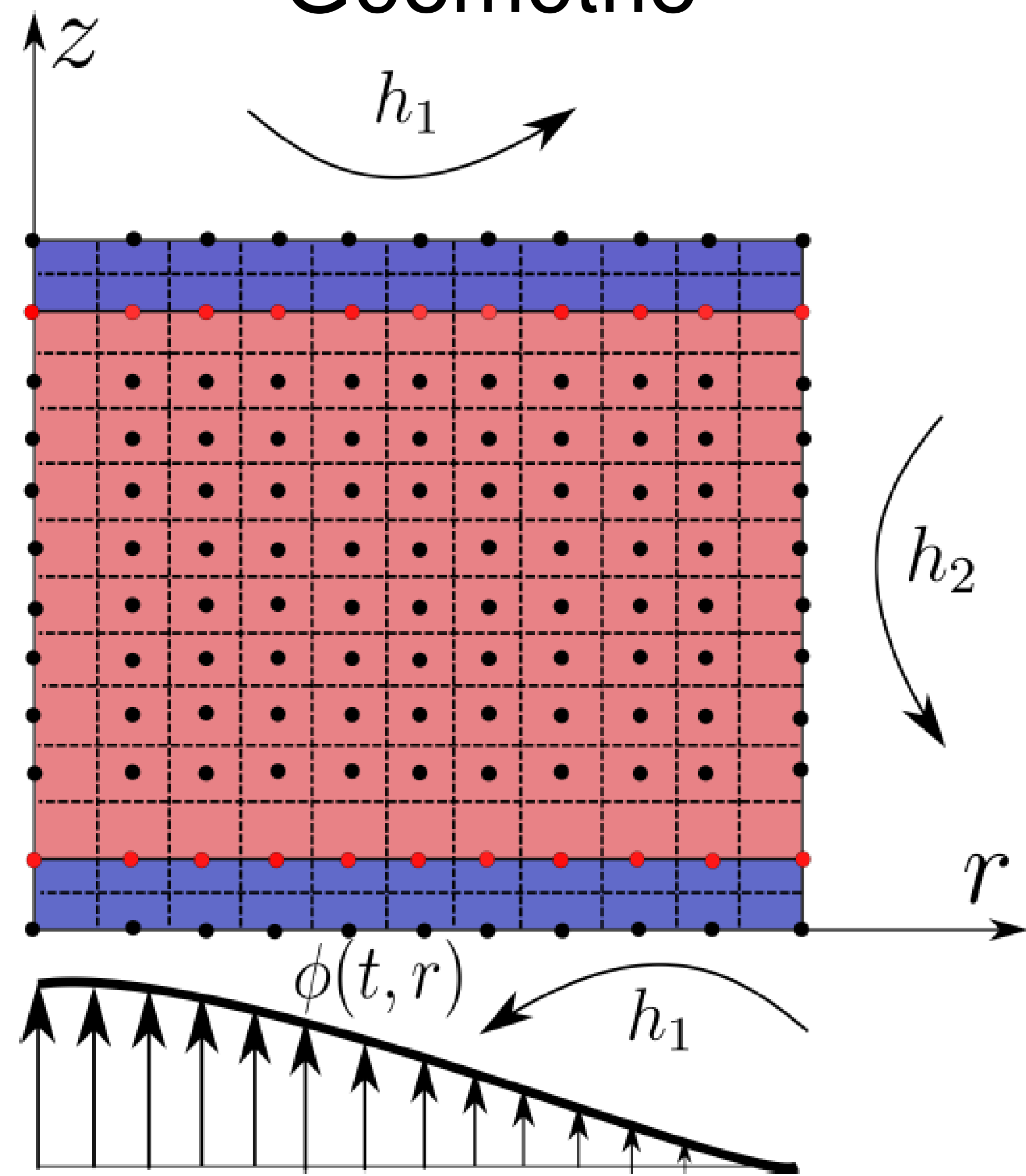
- Modèle couplé en conduction et rayonnement avec propriétés équivalentes sur un volume élémentaire représentatif :

✓ Méthode PN (harmoniques sphériques) présente des biais pour de faibles épaisseurs optiques

✓ Quadripole thermique conducto-radiatif complexe au-delà du 1D

✓ Méthodes de Monte-Carlo Réciproque Optimisé

### Géométrie



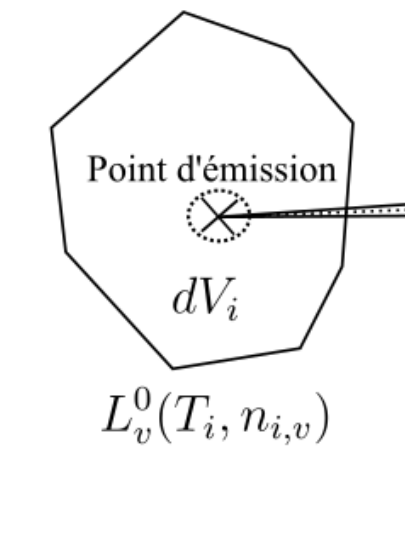
### Modèle

- Tricouche 2D axi-symétrique
- Résolution transitoire
- Conditions aux limites : Flux libre avec  $h_{tot} = h_r + h_c$
- Excitation: flux spatial et temporel
- Matériau semi-transparent (rouge)
- Matériau opaque (bleu)
- Méthode Volumes Finis (Equation de la Chaleur)
- Méthode Monte-Carlo Réciproque Optimisée (Equation du Transfert Radiatif)

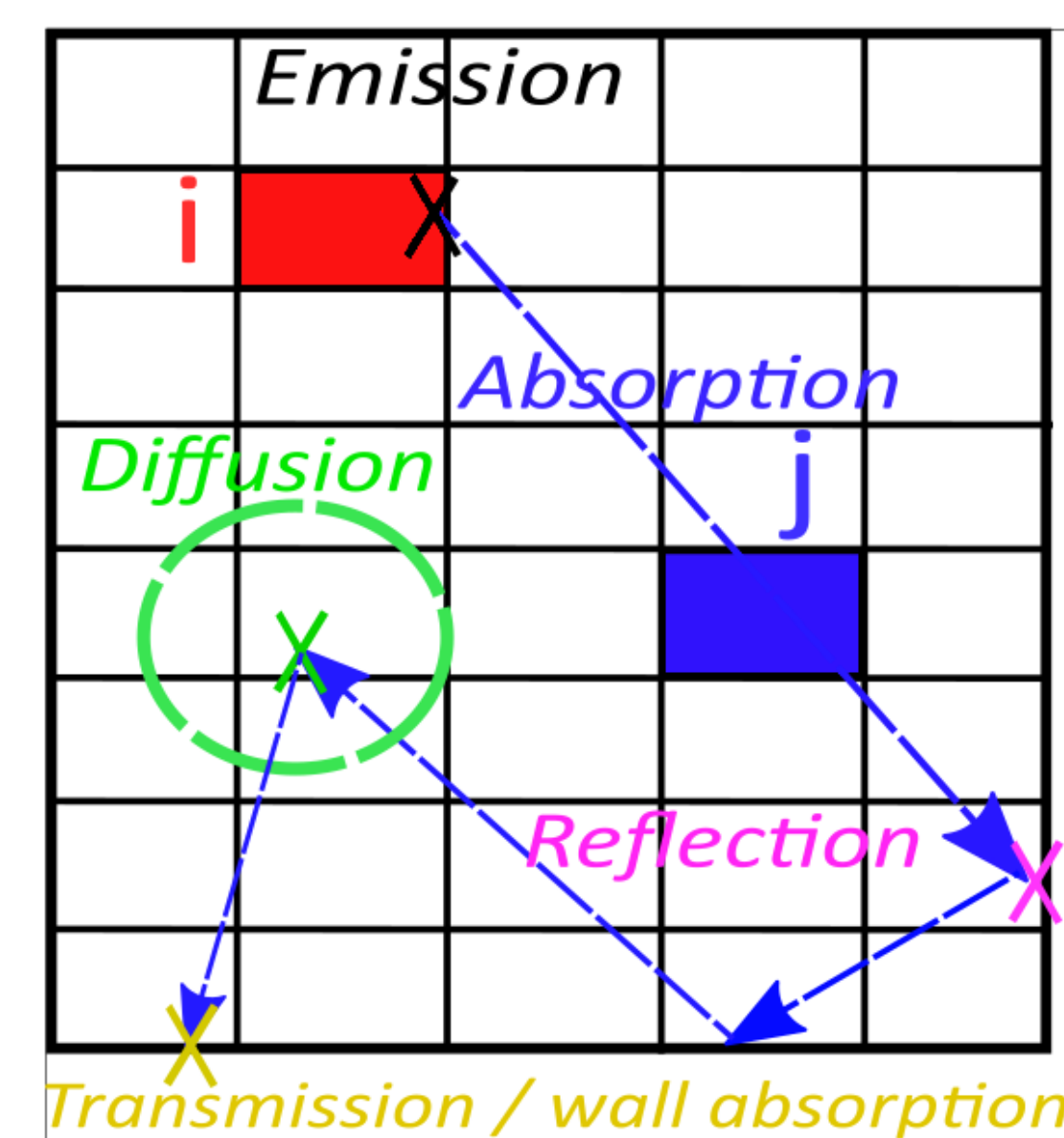
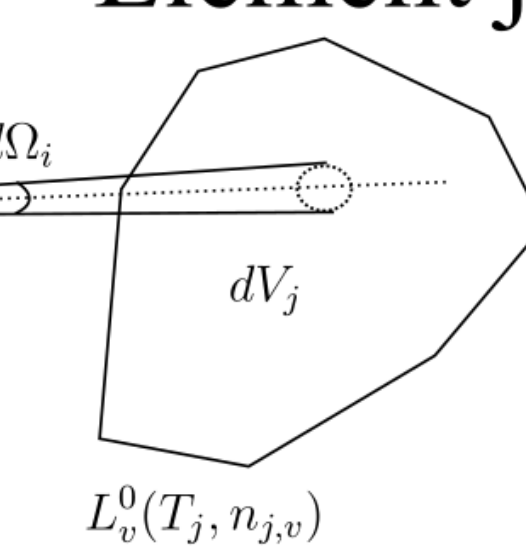
### Méthode de Monte-Carlo

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \Delta T - \text{div}(\mathbf{q}_r)$$

Element i



Element j



Puissance émise par i :

$$P_i^e = \int \int 4\pi L_v^0(T_i, n_v) dv dS$$

Milieu beerien :

$$E(s) = E(s=0) \cdot \exp(-\kappa_v \cdot s)$$

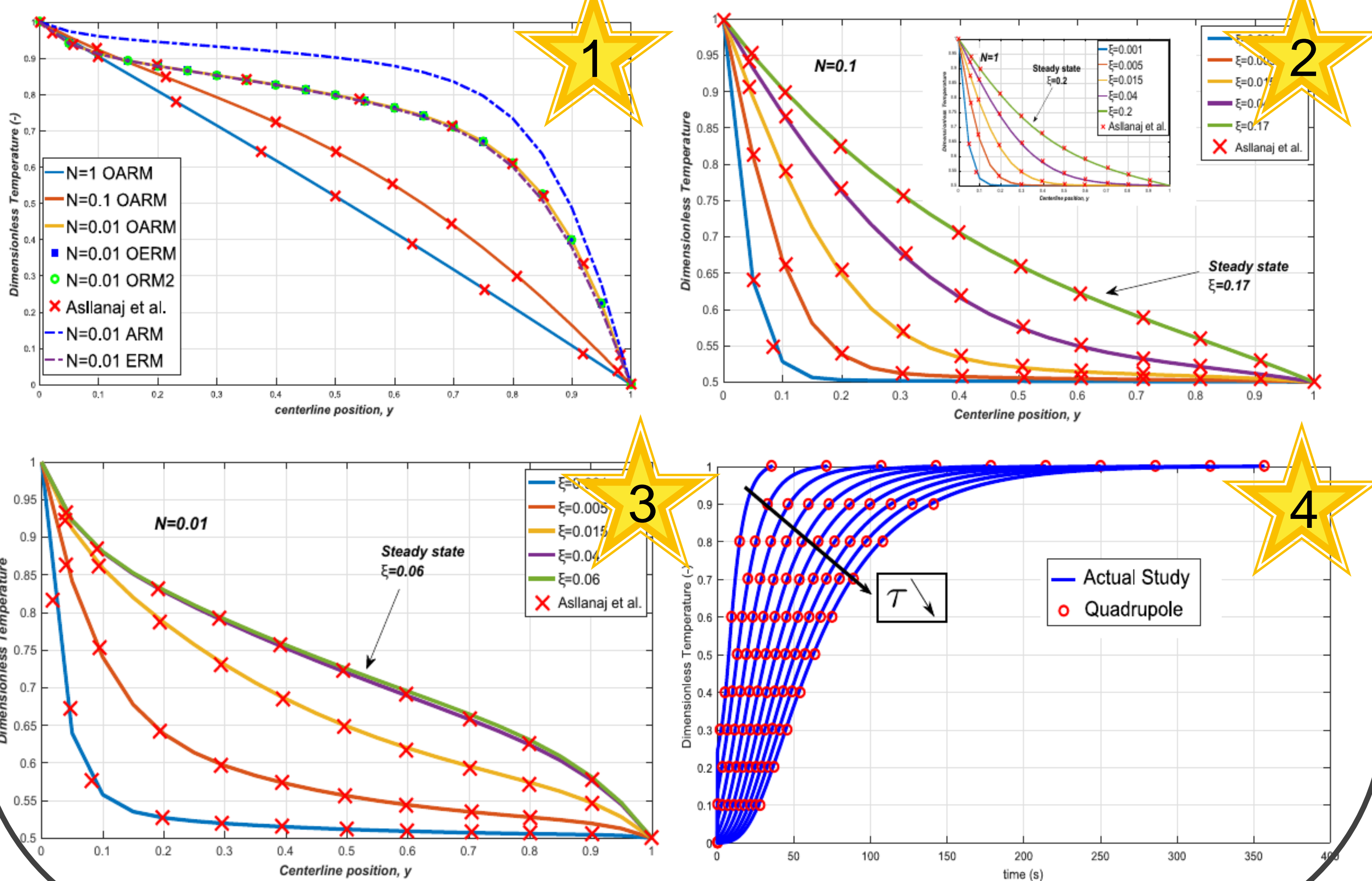
Relation de réciprocité:

$$\frac{P_{ji,v}^{ea}}{P_{ij,v}^{ea}} = \frac{L_v^0(T_j, n_{j,v})}{L_v^0(T_i, n_{i,v})}$$

$$\text{div}(\mathbf{q}_r)_i^{ARM} = \sum_{j=0}^{N_{elem}} \int_{\nu_{min}}^{\nu_{max}} P_{ji,v}^{ea} \left( \frac{I_v^0(T_i, n_i)}{I_v^0(T_j, n_j)} - 1 \right) d\nu$$

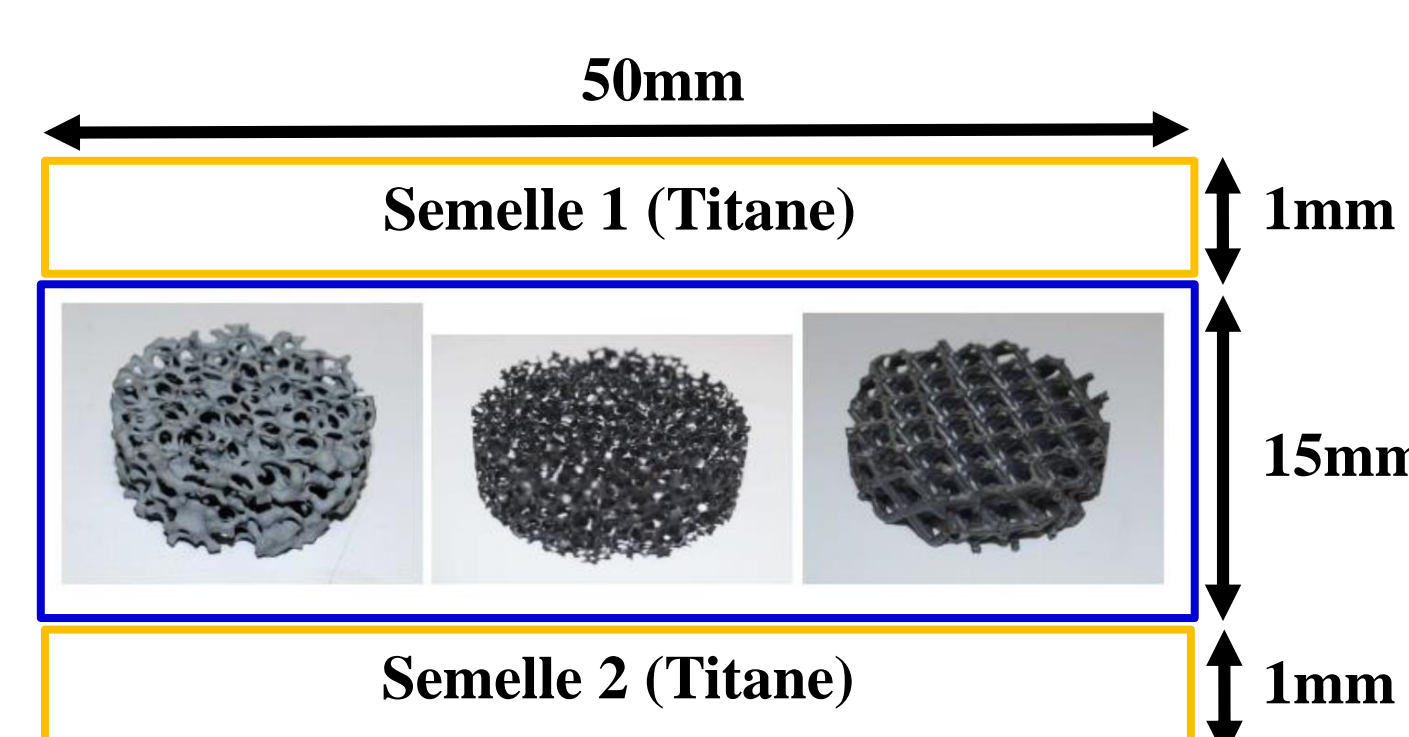
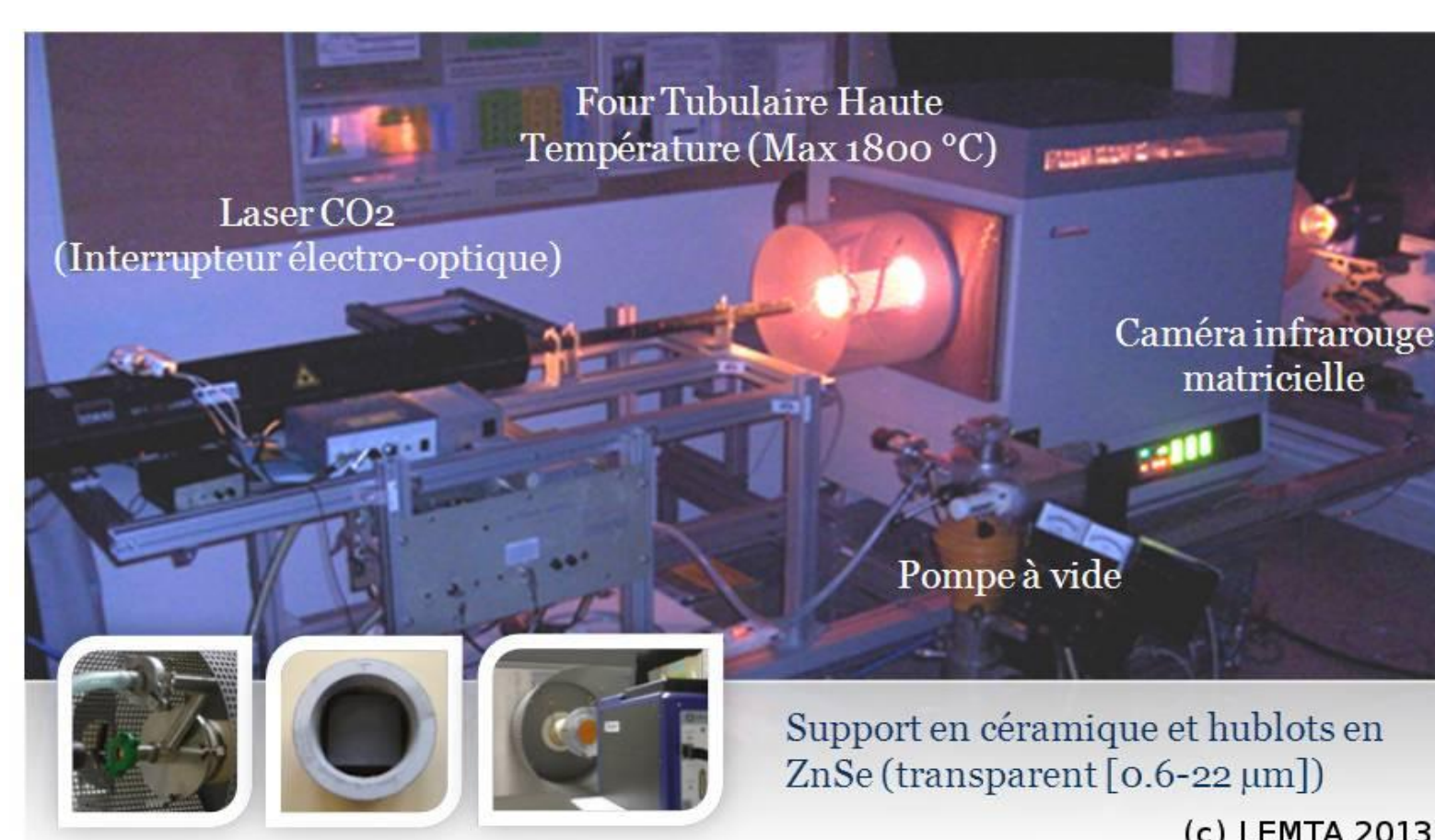
### Validation

- Plaque chaude gardée stationnaire 1D, épaisseur optique unitaire (1)
- Enceinte carré instationnaire 2D, épaisseur optique unitaire avec  $N=0,1$  (2) et  $N=0,01$  (3)
- Méthode Flash 1D par quadripôle thermique (4)
- Méthode Flash 2D par méthode Pn, cylindre infini 1D ... (non présenté ici)

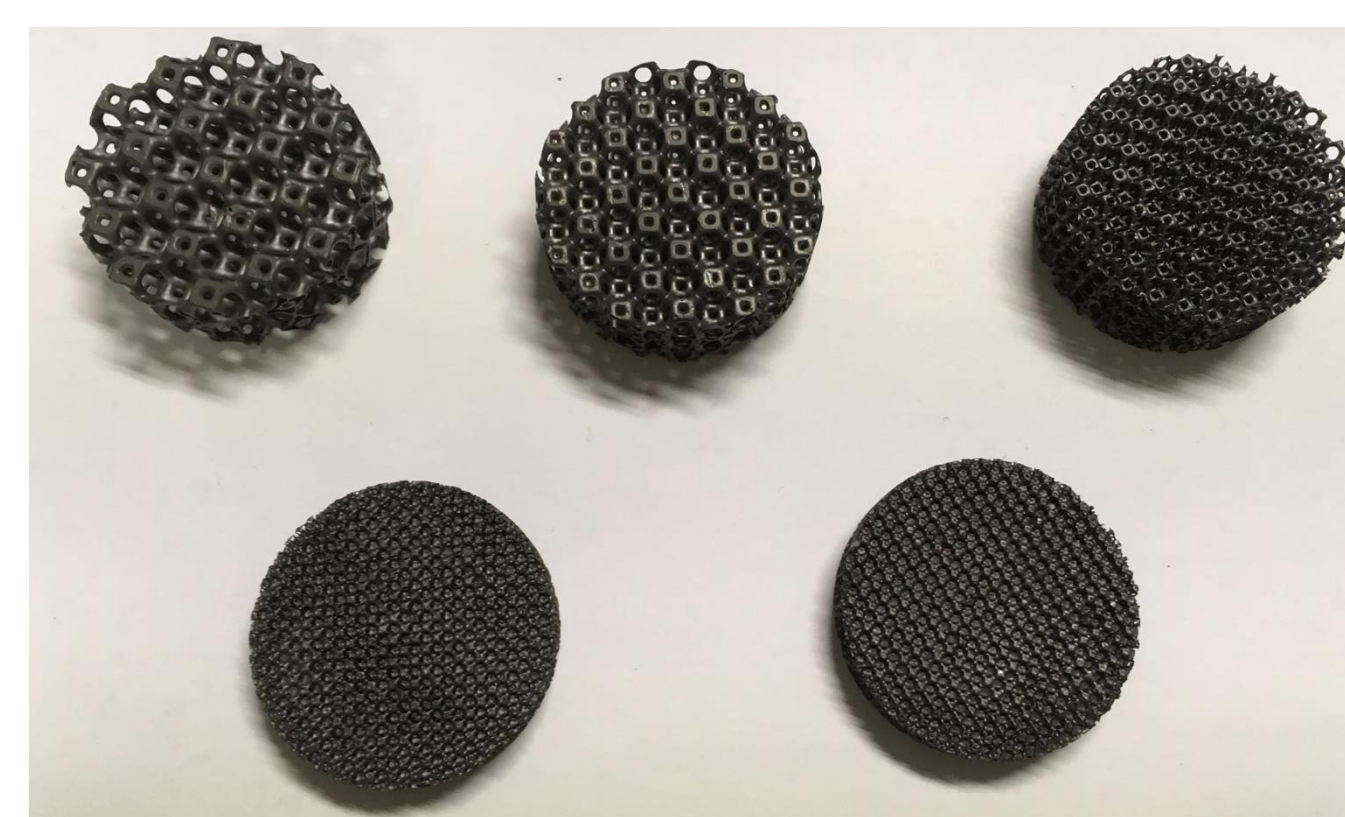


### Caractérisation

- Banc Flash haute température:
- Système Tricouche :



- Mousses structurées (Kelvin-Cell) :
- Algorithme de Levenberg-Marquardt:



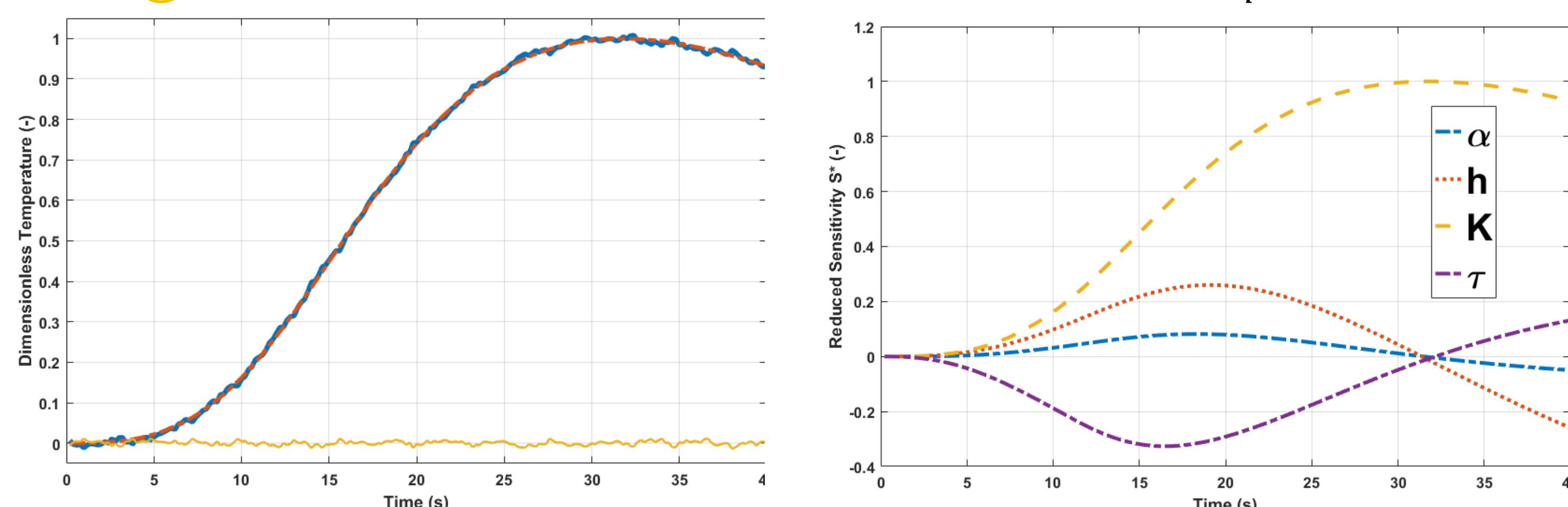
$$\beta = [\alpha \ h \ K \ \tau]$$

$$J'(\beta_{opt}) = 0$$

$$J(\beta) = \|T_{exp} - T_{mod}(\beta)\|^2$$

$$\beta^{(k+1)} = \beta^{(k)} + \underline{M} \cdot (y_{exp} - y_{mod}(\beta^{(k)}))$$

- Thermogramme et Sensibilité à 800°C (Kelvin-Cell  $D_p = 10mm$ ) :



Paramètres	$\alpha$ ( $mm^2 \cdot s^{-1}$ )	$h$ ( $W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )	$K$ (-)	$\tau$ ( $m^{-1}$ )
Estimation	1,34	184,9	0,99	3,51
Incertitude (bruit)	5,3 %	0,98 %	0,03 %	0,61 %

### Conclusion

- Estimation de la diffusivité et du coefficient d'extinction à haute température avec incertitude sur chacun des paramètres (Sensibilité et Corrélation)
- Nouvel outil de caractérisation pour milieu semi-transparent valable pour toute épaisseur optique
- Perspective : Méthode Flash par méthode de Monte-Carlo en conduction et rayonnement sur mousses synthétiques et sur tomographie X

(\*) Auteur correspondant (morgan.laurent-sans@univ-lorraine.fr)

(1) LEMTA, Université de Lorraine

ENSEM – 2 Avenue de la Forêt de Haye, TSA 60604 – 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy