Méthode de Monte-Carlo Symbolique pour la caractérisation des propriétés thermiques : application à la méthode flash

Morgan Sans (1*) & Stéphane Blanco (2) & Cyril Caliot (3) & Mouna El Hafi (1) & Olivier Farges(4) & Richard Fournier(2) & Léa Penazzi (1)

Contexte & Introduction

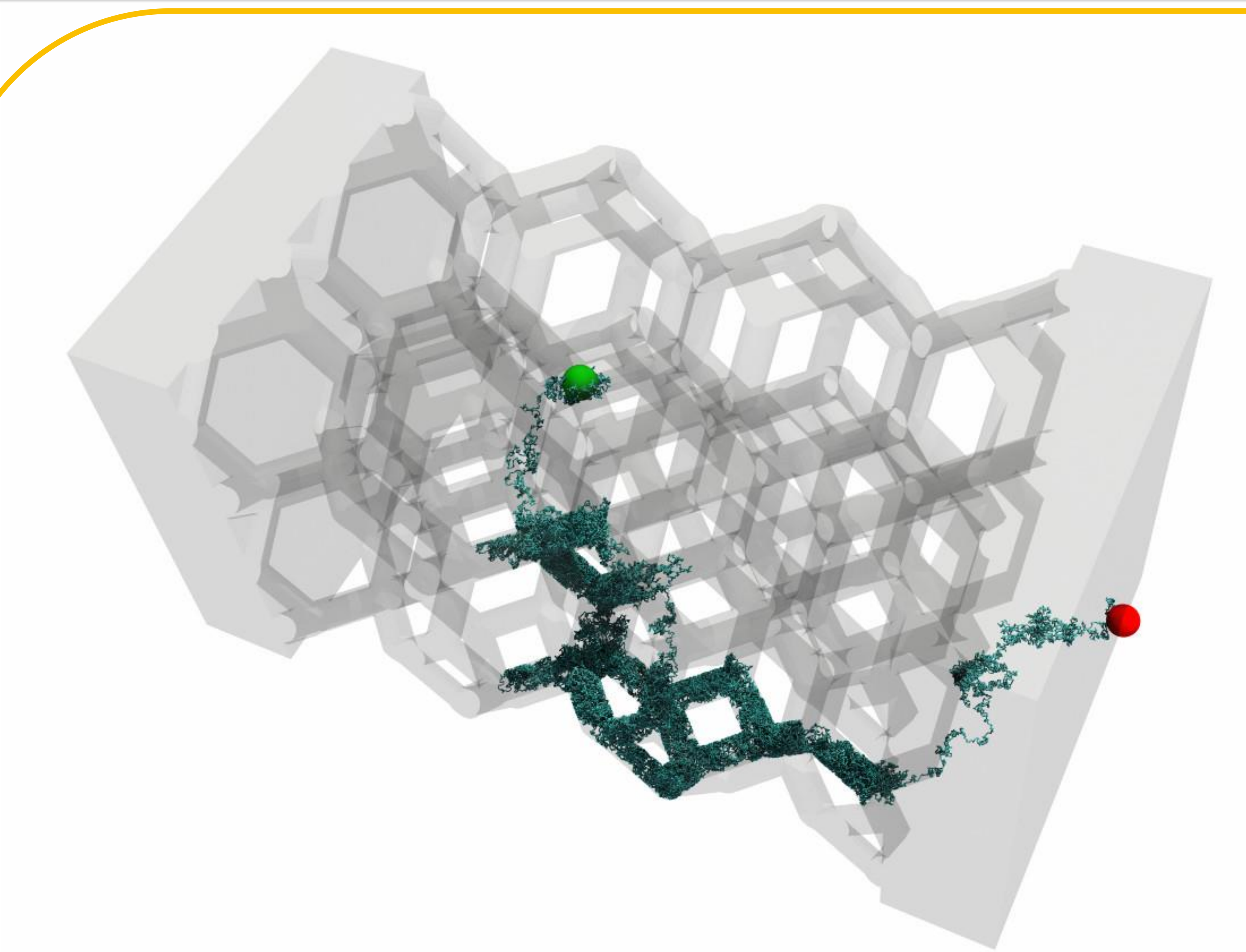
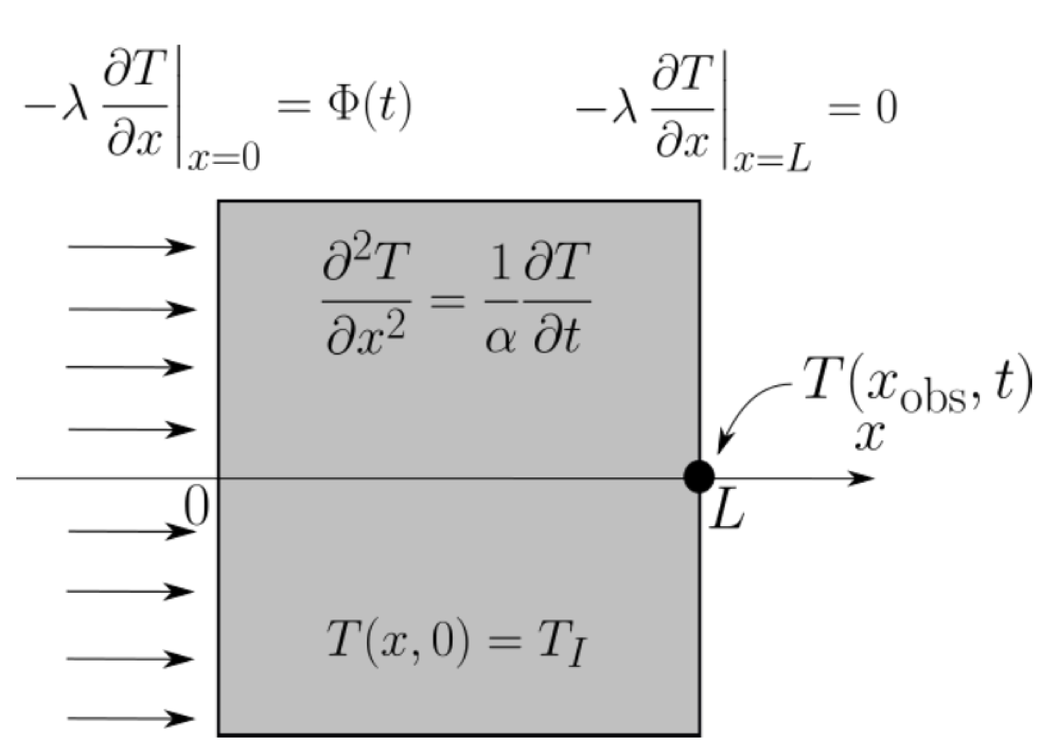


Image issue du site de méso-star : https://www.meso-star.com/projects/stardis/stardis.html

- Les développements récents de la méthode de Monte-Carlo permettent d'envisager la résolution de problèmes multiphysiques et multidimensionnels en un seul algorithme pour la réalisation de calculs sondes
- Le couplage des ces méthodes de résolution stochastiques avec les outils de la communauté graphique permet de traiter aisément des géométries 3D complexes
- La reformulation en espace de chemins fait apparaitre la température en un point sonde et à un instant donné comme la résultante de la propagation de la chaleur à partir des différentes sources et conditions limites du système.
- Un stockage pertinent de l'information contenue dans ces chemins permet la construction de la fonction liant la température locale aux propriétés thermophysiques du modèle thermique et des sources du problème (fonction de transfert).
- Associant complexité géométrique, complexité physique et performances calculatoires, cette méthode de Monte-Carlo Symbolique semble très intéressante pour la caractérisation des milieux. La procédure d'inversion peut être entièrement réalisée à partir d'un unique calcul.
- Limite actuelle : fonction de transfert construite dépendante d'un unique paramètre thermique et dans le cas de conditions aux limites de Dirichlet
- Objectifs : Au travers de la méthode de caractérisation dite Flash, 1) proposer le développement méthodologique associé à la construction des chemins, 2) proposer un stockage pertinent de l'information associé à la diffusivité thermique et 3) réaliser la procédure d'estimation grâce à un unique Monte-Carlo Symbolique

Méthodologie & Résultats

- Principe de la méthode flash 1D



- Formulation de la solution en espace de chemins

$$T(x_{obs},t) = \begin{cases} \mathcal{H}(t-\tau_\gamma^{(1)} \le 0)\times T_I \\ + \\ \mathcal{H}(t-\tau_\gamma^{(1)}>0)\displaystyle\int_{D_\Gamma^{(1)}} p_\Gamma{}^{(1)}(x_\gamma^{(1)})\mathrm{d}x_\gamma^{(1)} \times \left[T(\delta, t-\tau_\gamma^{(1)}) + \Phi(t-\tau_\gamma^{(1)})\delta/\lambda\right] \end{cases}$$

- Travail sur le formalisme pour conserver une dépendence à la diffusivité : Séparation espace / temps

$$T(x_{obs},t) = T_I + \sum_{j=1}^{+\infty} \underbrace{\int_{D_\Gamma^{(j)}} p_\Gamma{}^{(j)}(x_\gamma^{(j)})\mathrm{d}x_\gamma^{(j)}}_{\text{espace}} \; \mathcal{H}(t-\tau_\gamma^{(j)}>0)\left(\Phi(t-\tau_\gamma^{(j)})\delta/\lambda\right)$$

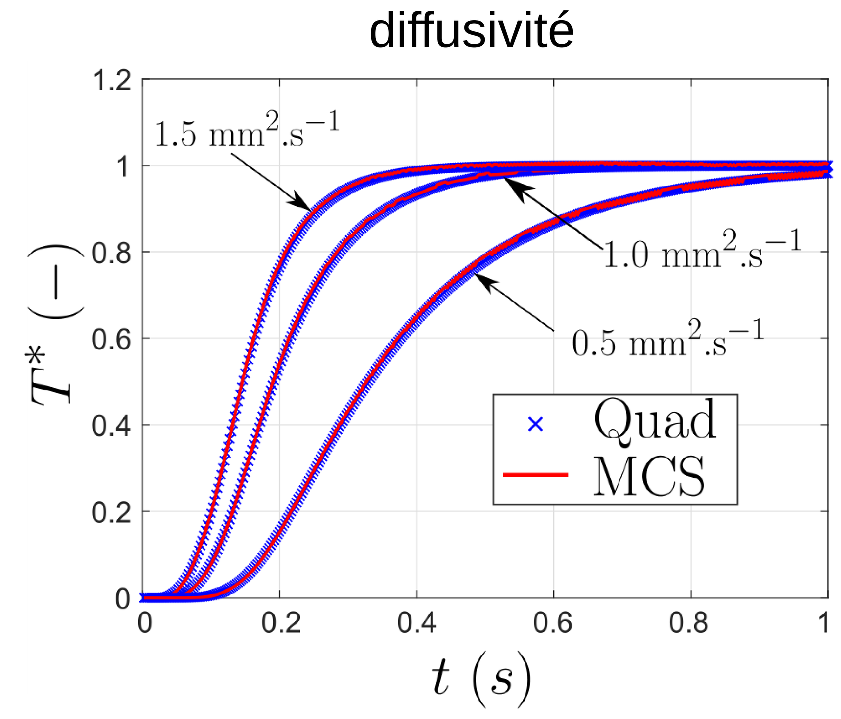
- Ecriture d'un algorithme applicable et identification de l'information à stocker

$$T(x_{obs},t) = T_I + \sum_{n=1}^{+\infty}\sum_{j=1}^{+\infty} p_N{}^{(j)}(n)\; \mathcal{H}(t-\tau_\gamma^{(j)}>0)\left(\Phi(t-\tau_\gamma^{(j)})\delta/\lambda\right)$$

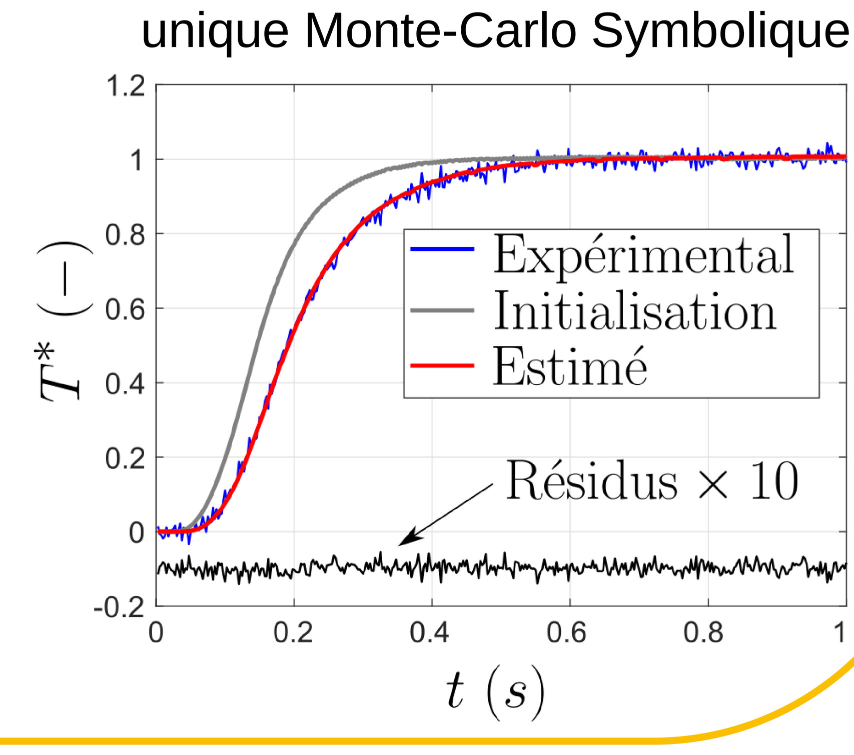
$$= T_I + \sum_{n=1}^{+\infty} \boxed{f_N(n)}\, \mathcal{H}(t-\tau(n)>0)\left(\Phi(t-\tau(n))\delta/\lambda\right)$$

Distribution du nombre d'interactions frontière pour un nombre de saut n donné

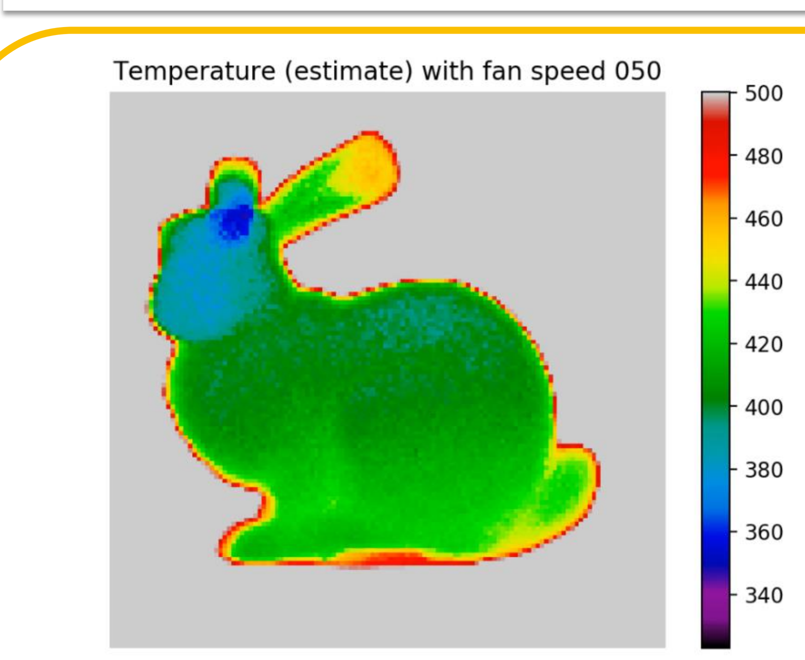
- Validation : reconstruction de la solution pour toute valeur de la diffusivité



- Estimation et procédure d'inversion réalisée à partir d'un unique Monte-Carlo Symbolique

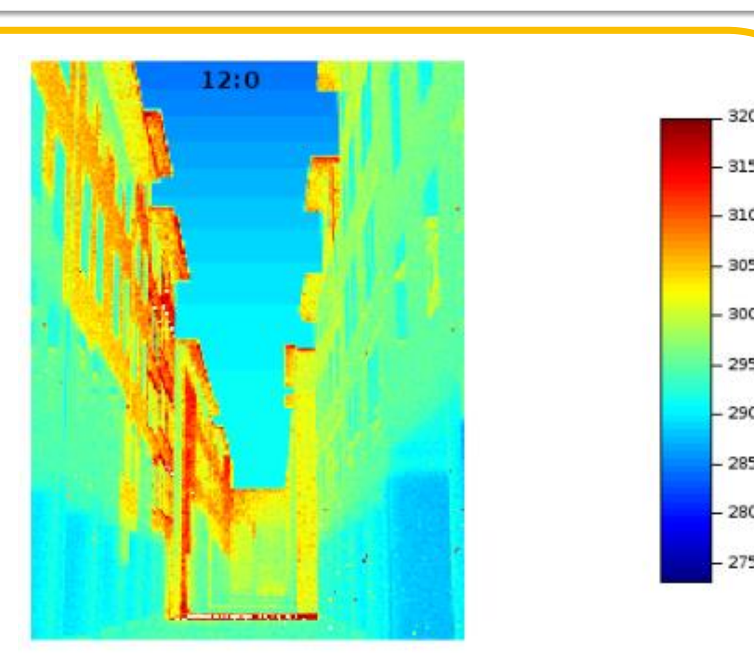


Conclusion & Perspectives



Images issues des travaux de thèse de L. Penazzi

- Méthodologie et protocole maintenant validés sur un cas simple et facilement extensibles aux géométries complexes et aux problèmes multiphysiques couplés (thermique linéaire)
- Perspectives futures : Dépendance multiparamétrique de la fonction de transfert construite
- Perspectives futures : Application de la méthodologie sur des problèmes de caractérisation complexes tels que les milieux semi-transparents (transferts conducto-radiatifs) ou reposant sur une grande quantité de données (mesure par caméra Infrarouge)



(*) Auteur correspondant (morgan.sans@mines-albi.fr)
(1) Centre de Recherche d'Albi en genie des Procédés des Solides Divisés, de l'Energie et de l'Environnement, Campus Jarlard – 81000 Albi

Congrès français de thermique
Thermique et Mix énergétique
Belfort 1er-3 juin 2021