



**HAL**  
open science

# Simulation par la méthode SPH du problème de Stefan : conduction thermique et changement de phase solide/liquide

Sandra Geara, Sylvain Martin, Olivier Bonnefoy

## ► To cite this version:

Sandra Geara, Sylvain Martin, Olivier Bonnefoy. Simulation par la méthode SPH du problème de Stefan : conduction thermique et changement de phase solide/liquide. Journée Scientifique 2018 du Codegepra, Nov 2018, Saint-Etienne, France. , Journée scientifique du CODEGEPRA - Le Génie des Procédés en Rhône-Alpes Auvergne, pp.P21. hal-01980052

**HAL Id: hal-01980052**

**<https://hal.science/hal-01980052>**

Submitted on 14 Jan 2019

**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.

# Simulation par la méthode SPH du problème de Stefan : conduction thermique et changement de phase solide/liquide

GEARA Sandra<sup>a</sup>, MARTIN Sylvain<sup>a</sup>, BONNEFOY Olivier<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centre SPIN, LGF UMR CNRS 5307, Ecole des Mines de Saint-Etienne, 158 Cours Fauriel, F-42023 Saint-Etienne

## Introduction

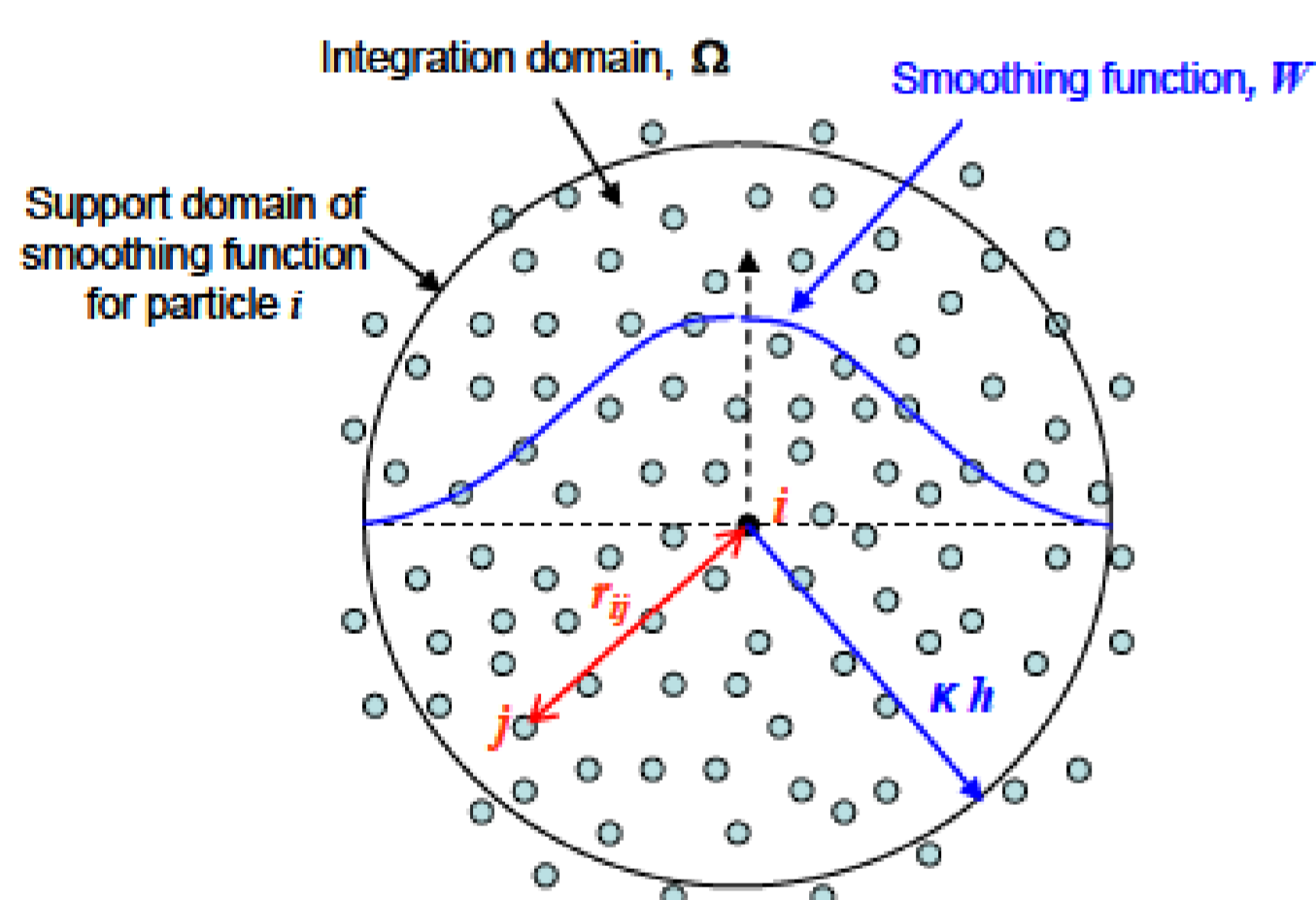
Les simulations numériques sont un outil incontournable dans les sciences de l'ingénieur et la recherche fondamentale. Aujourd'hui, un fort intérêt porte sur les nouvelles méthodes de calcul sans maillage.

**Smoothed Particle Hydrodynamics** est une méthode de simulation numérique Lagrangienne qui s'affranchit totalement des contraintes imposées par l'utilisation d'une grille.

L'objectif de ce projet est de coupler la méthode SPH avec le transfert thermique, les aspects de surface libre et la tension de surface.

## Méthode SPH

L'idée à la base est de modéliser un fluide continu en le discrétisant par une série de particules.



Les grandeurs physiques liées à chaque particule sont calculées à partir des particules voisines en lissant par une fonction noyau.

$$f(\vec{r}) \approx \sum_j^N \frac{m_j}{\rho_j} f(\vec{r}_j) W(\|\vec{r} - \vec{r}_j\|, kh)$$

### Equation de la chaleur

$$c_p \frac{dT}{dt} = \frac{1}{\rho} \nabla \cdot (k \nabla T) + \sum_k Q_k \delta(r - R_k)$$

$$\Rightarrow c_{p,i} \frac{dT_i}{dt} = \sum_j \frac{m_j}{\rho_i \rho_j} \left( \frac{4k_i k_j}{k_i + k_j} \right) \left( \frac{T_i - T_j}{r_{ij}^2} \right) \vec{r}_{ij} \cdot \nabla (W_{ij}) + \sum_k Q_k$$

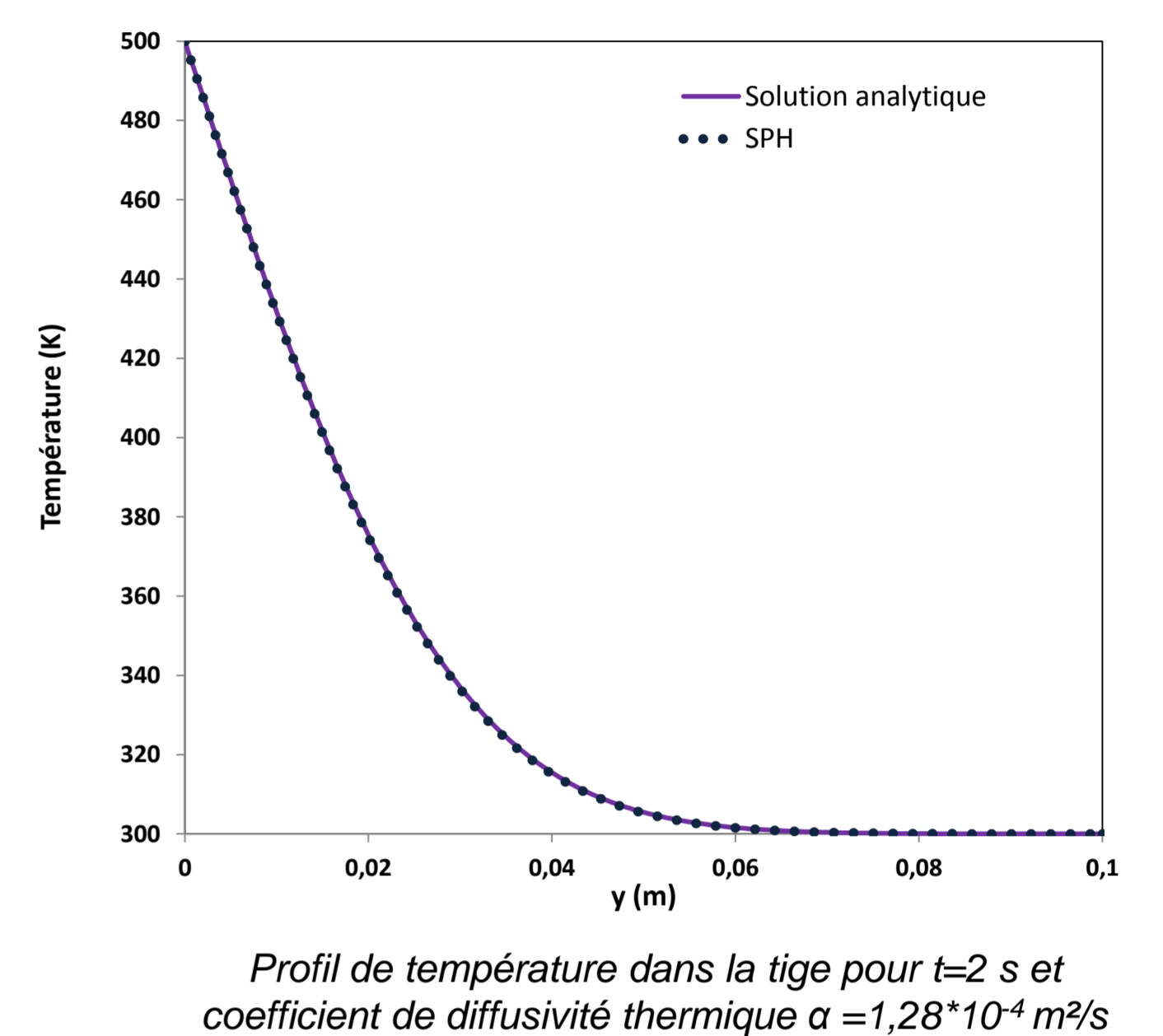
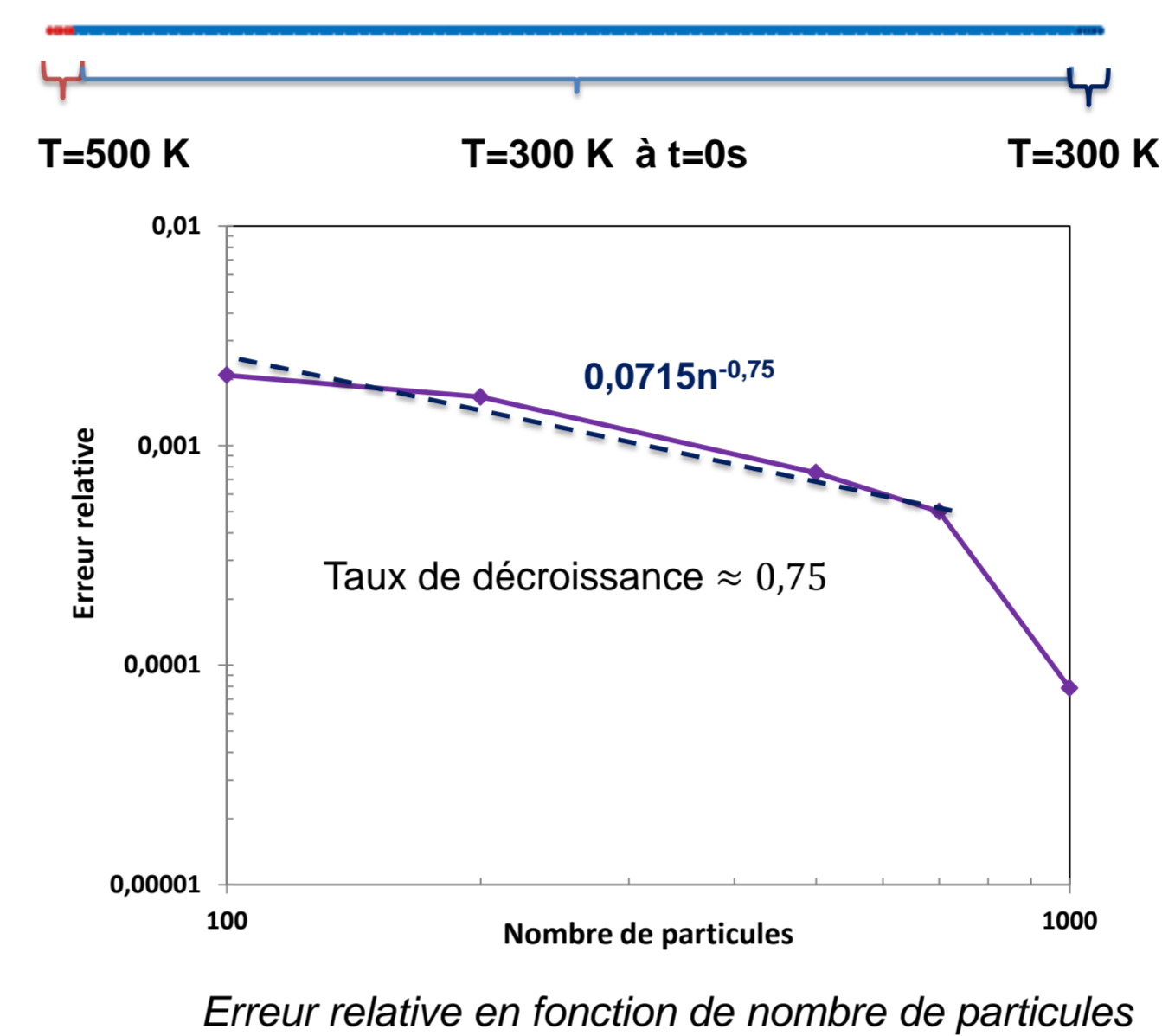
## Conclusion et perspectives

- ❖ Validation de l'équation de la chaleur en SPH pour la conduction et changement de phase dans le cas où les conditions aux limites sont de type Dirichlet.
- ❖ Applications possibles : fabrication additive par SLM, ablation Laser, ...
- ❖ Prochaines étapes :
  - ❖ Extension à C.L Neuman (flux imposé) => ajuster les conditions aux limites (par exemple: Correction de la fonction noyau).
  - ❖ Implémentation de la force de tension de surface.

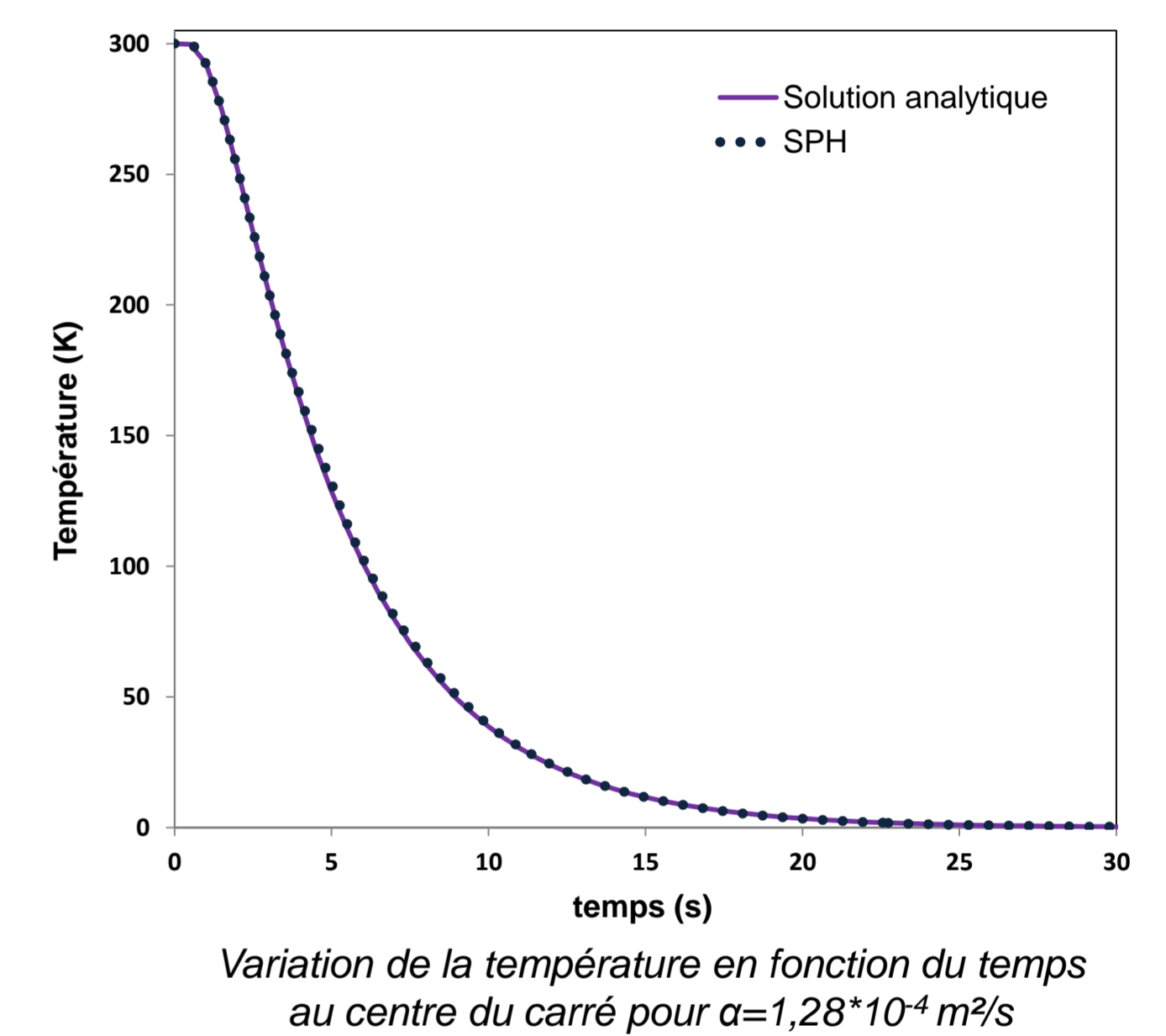
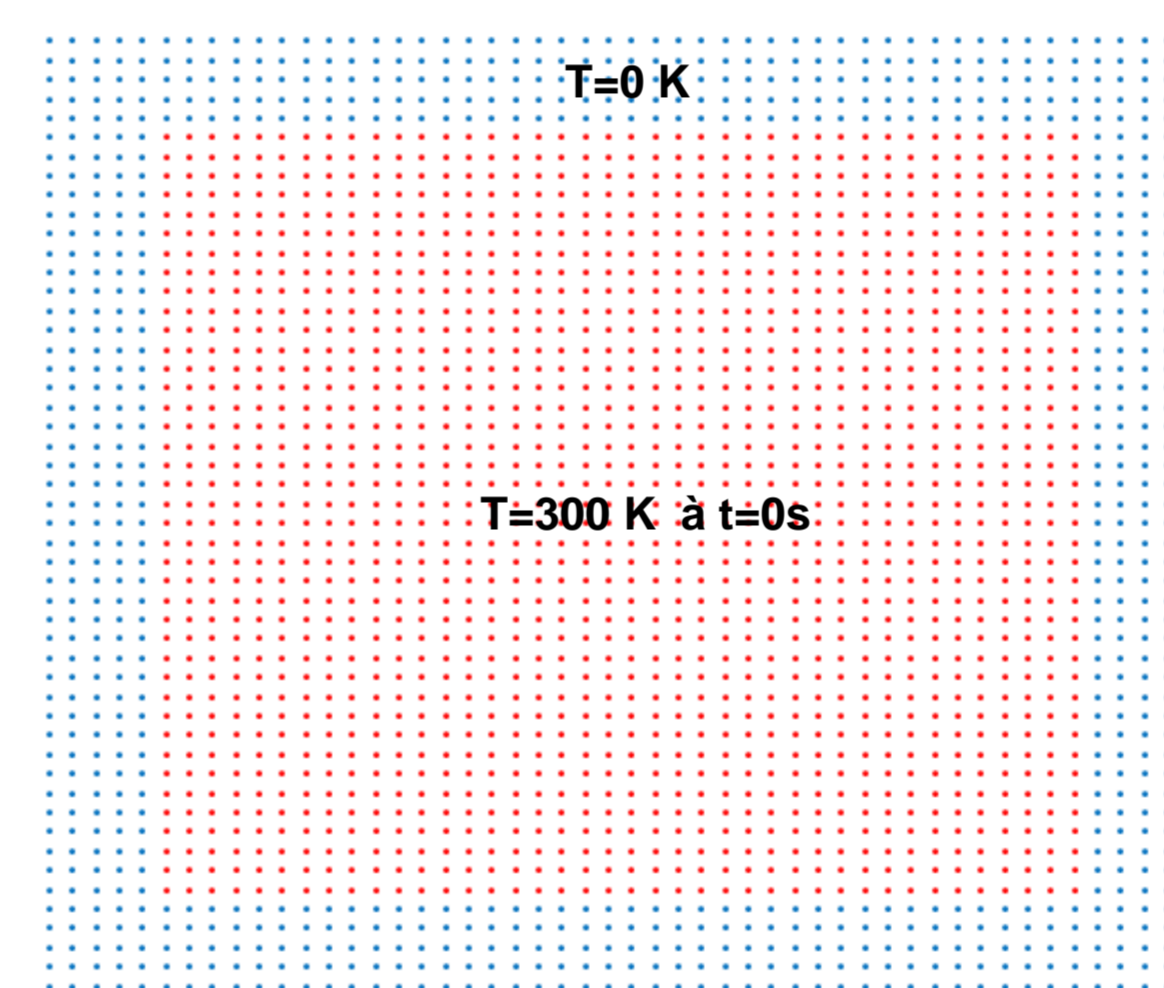
## Résultats

### Conduction pure + C.L. Dirichlet

=>Modèle 1D



=>Modèle 2D



### Conduction + Changement de phase + C.L. Dirichlet

