



Transfert thermique dans une structure végétale : Loi de comportement

Aymeric Lamorlette

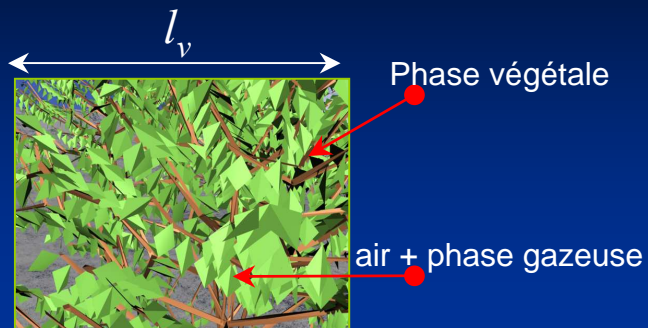
Directeur : O. Séro-
Guillaume

Introduction

- Caractérisation du transfert thermique dans une structure végétale
- Structure fractale : optimisation de la surface d'échange
- Écoulement turbulent : $5 \cdot 10^4 < Re_{\text{arbre}} < 5 \cdot 10^5$, $Re_{\text{arbre}} = \frac{U_o l_{\text{arbre}}}{\nu_{\text{air}}}$
- Application à toutes géométries

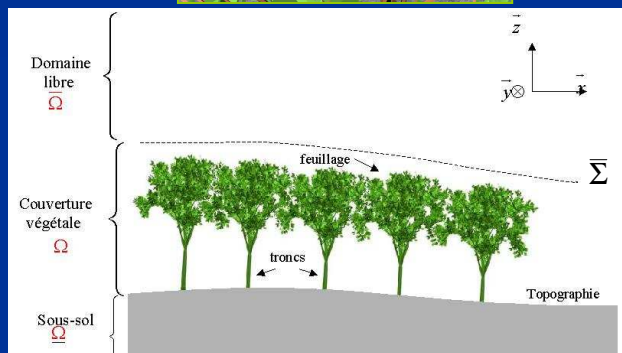
Echelles physiques

échelle mésoscopique



$$10 \leq Re \leq 10^4$$

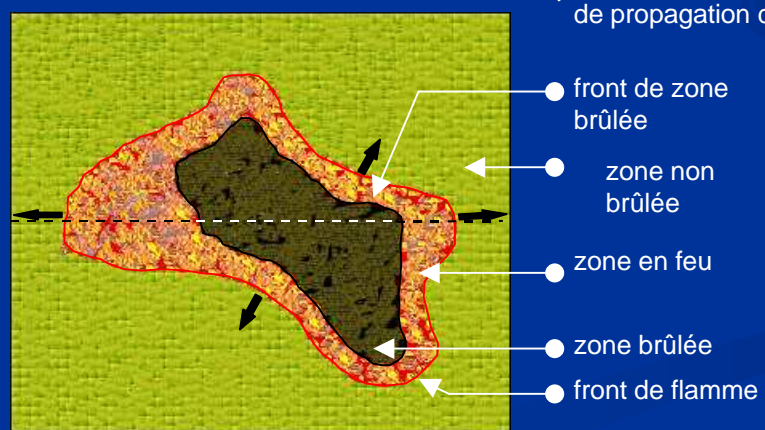
échelle macroscopique



Modèles de combustion

$$10^5 \leq Re \leq 10^7$$

échelle gigascopique



Modèles de propagation

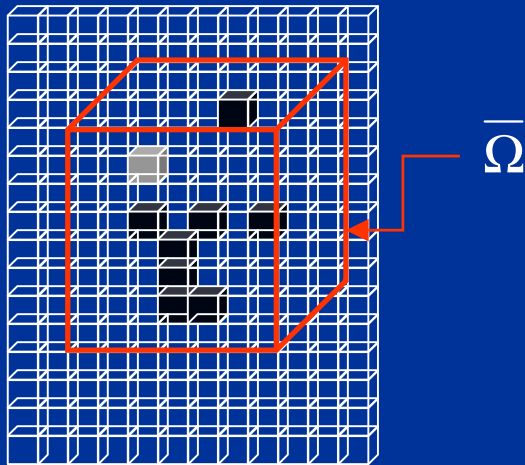
$$10^7 < Re$$

Changement d'échelle

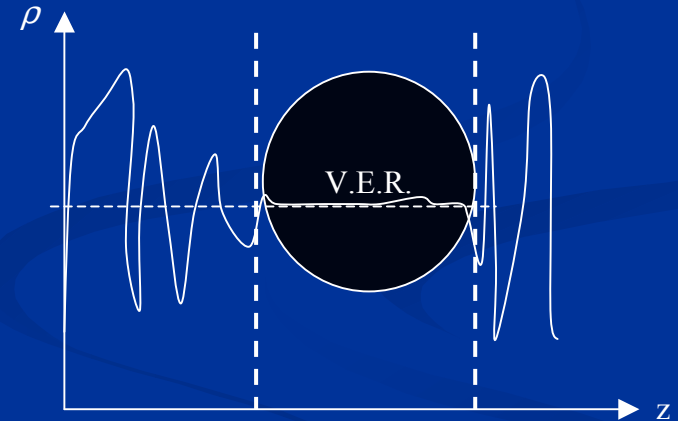
Quantité moyenne $\left\{ \begin{array}{l} \text{moyenne usuelle} \\ \text{moyenne avec noyau} \end{array} \right.$

$$\bar{q}(x, y) = \frac{1}{\text{vol}(B)_{B(x,y)}} \int q(z) dv(z)$$

$$\tilde{f}_h(x) = f * m_h = \int_R f(y) m_h(x-y) dy = \int_R f(x-y) m_h(y) dy$$



3 D



*La taille du noyau est la
taille de la :
“particule du milieu
équivalent”*

Les équations du milieu macroscopique équivalent

$$\Phi \frac{dU_i}{dt} = -\Phi \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial U_i}{\partial x_k} \right) - \frac{Da}{\text{Re}} U_i - \frac{Fo}{\text{Re}} |U| U_i - \Phi^2 Ri T_f$$

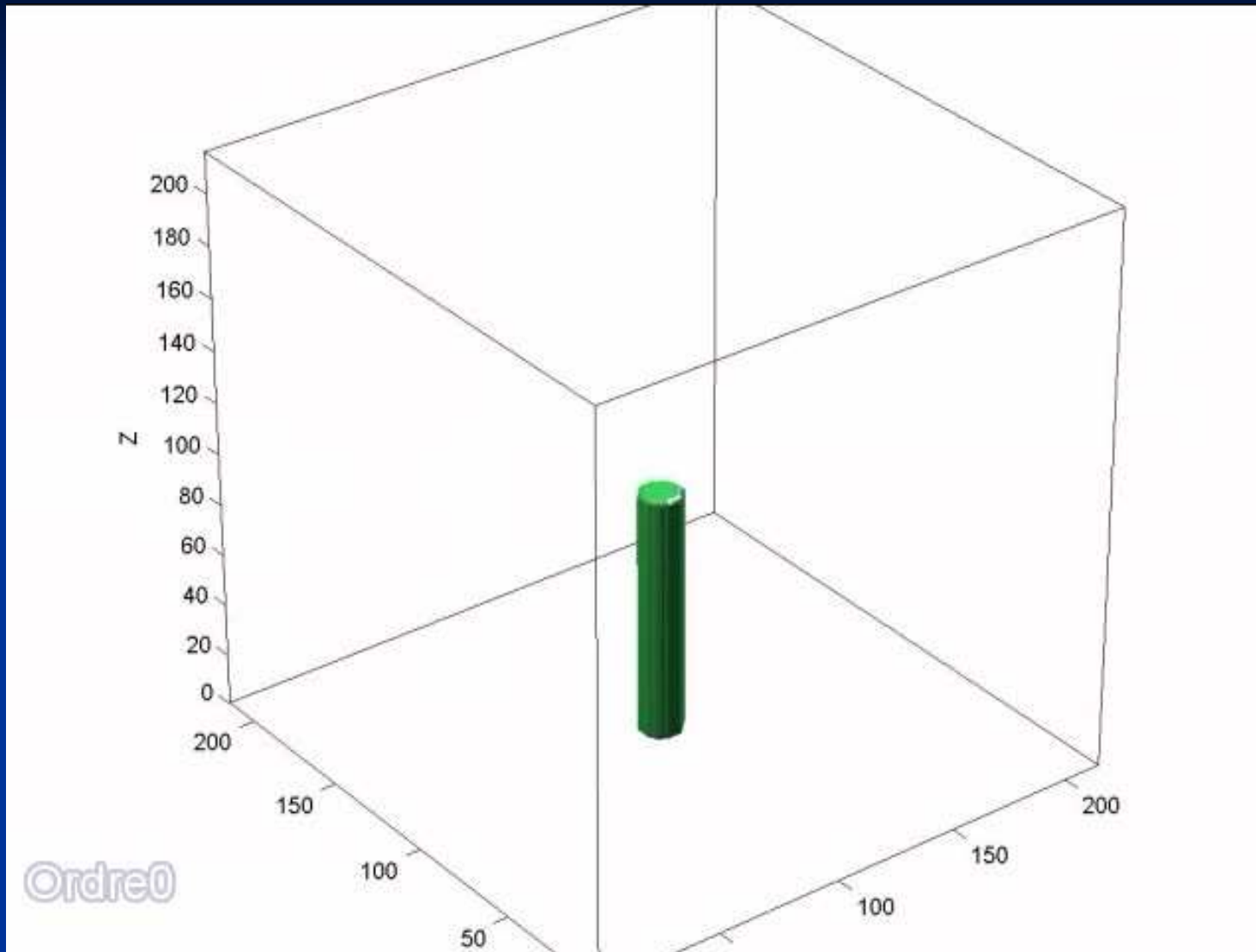
$$\Phi \frac{dT_f}{dt} - \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\text{Pr}_{ij}}{\text{Re}} \frac{\partial T_f}{\partial x_j} \right) = -Nu T_f$$

■ Avec : $\text{Re} = V_{\text{moy}} L / \nu$, $Ri = g \beta_{\text{eff}} (T_{\infty} - T_s) L / V_{\text{moy}}^2$, $Da = L^2 / K_{\text{perm}}$

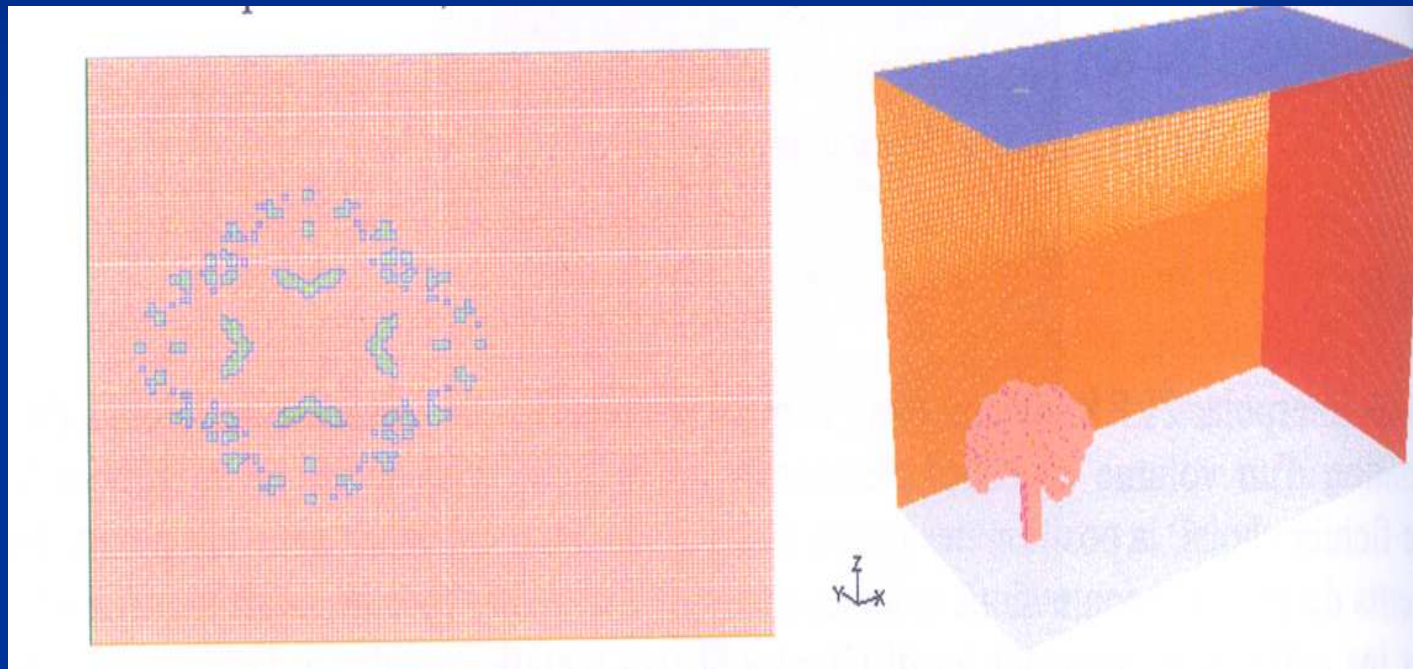
$$Fo = V_{\text{moy}} L^2 / K_{\text{perm}}$$

$$\text{Pr}_{ij} = \lambda_{ij} / \nu \rho C_p \quad Nu = \chi L / V_{\text{moy}} \rho C_p$$

Génération du milieu végétal

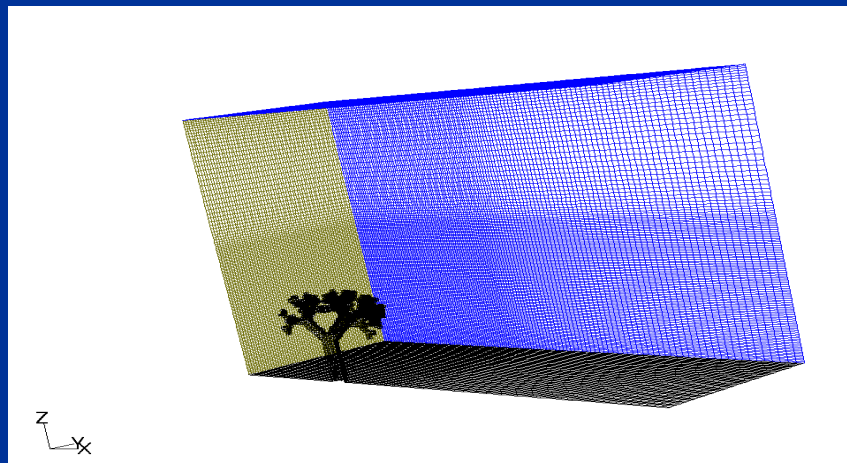


Maillage du domaine de calcul



Conditions de simulation

- Simulation numérique effectuée sur 5 structures végétales
- Schémas de discrétisation :
 - PRESTO pour la discrétisation de la pression
 - SIMPLEC pour le couplage pression-vitesse
 - QUICK pour tous les termes convectifs
- Plusieurs types de conditions limites :

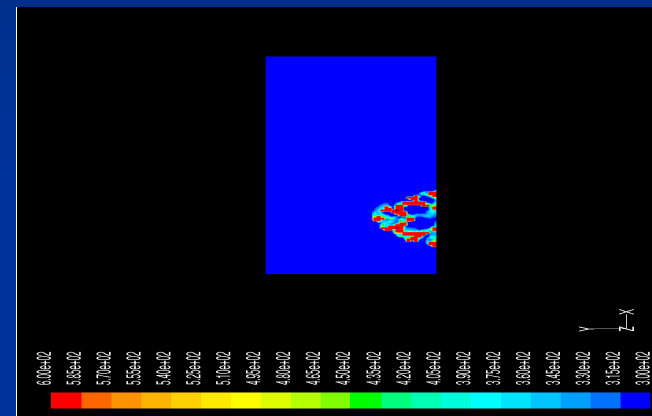
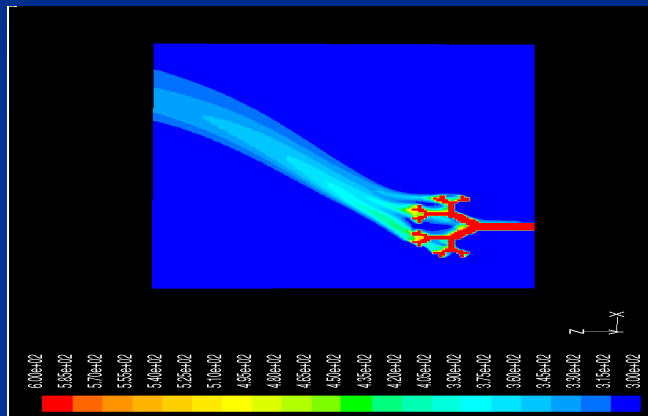


$$V_{x, \text{entrée}} = \frac{U_0}{\log\left(\frac{1 + z_{\text{lim}}}{z_{\text{lim}}}\right)} \log\left(\frac{z + z_{\text{lim}}}{z_{\text{lim}}}\right)$$

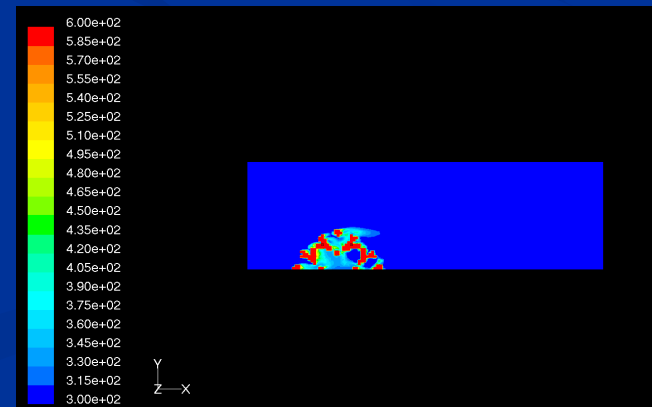
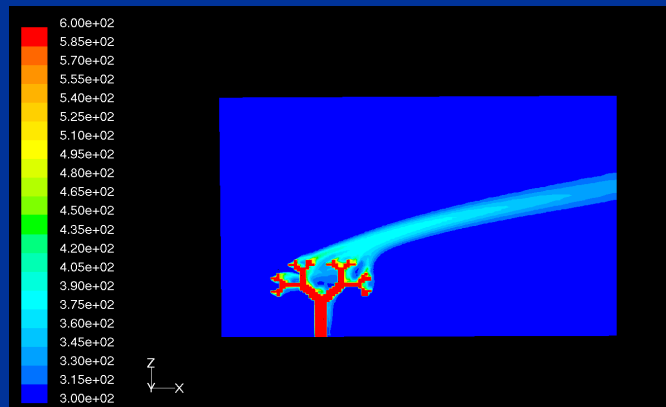
$z_{\text{lim}} = 1 \text{ m}$, U_0 vitesse à 1 m du sol

Présentation des résultats sur le champ de température

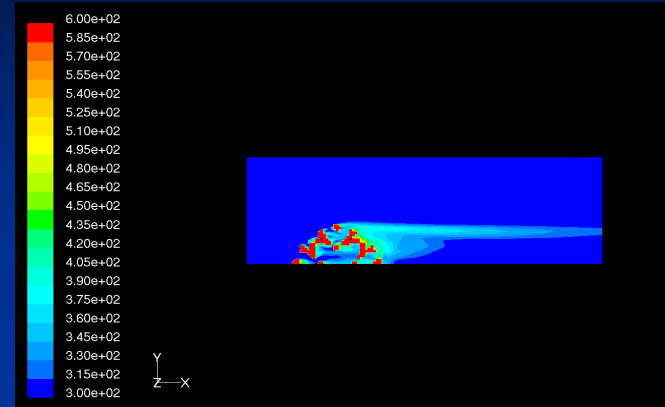
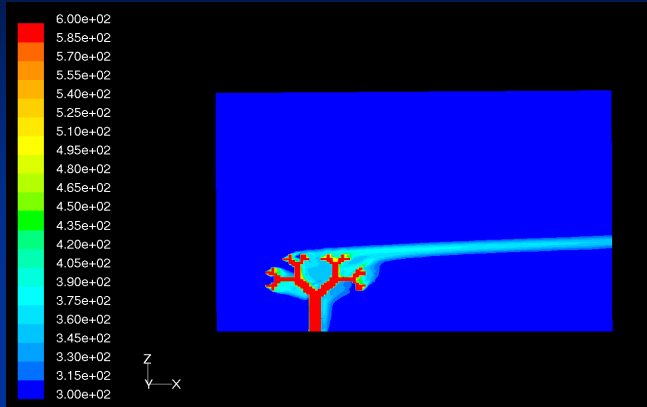
- Champ de température pour $U_0 = 0,25m/s$



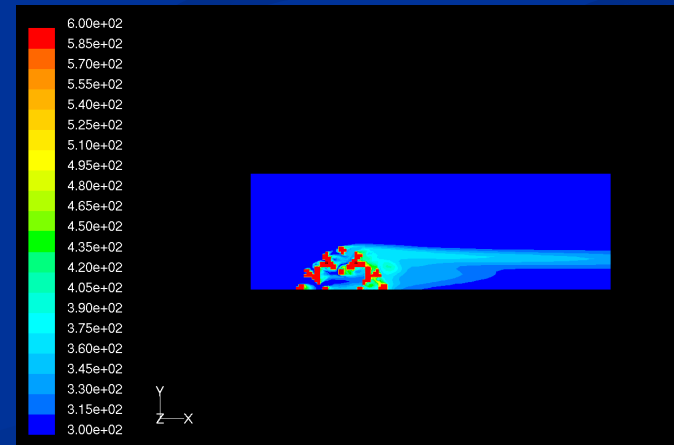
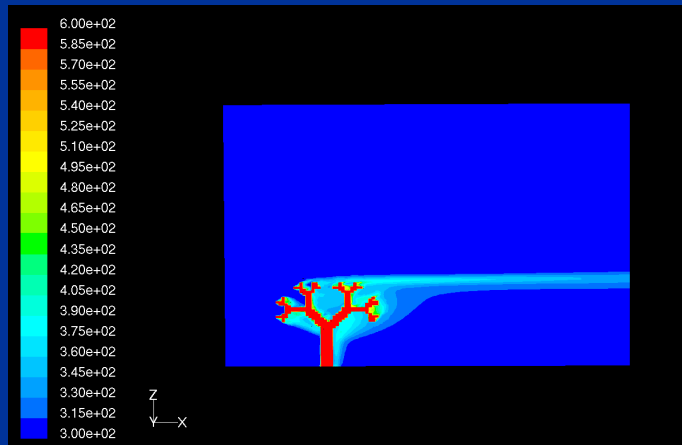
- Champ de température pour $U_0 = 0,75m/s$



■ Champ de température pour $U_0 = 3m/s$



■ Champ de température pour $U_0 = 5m/s$

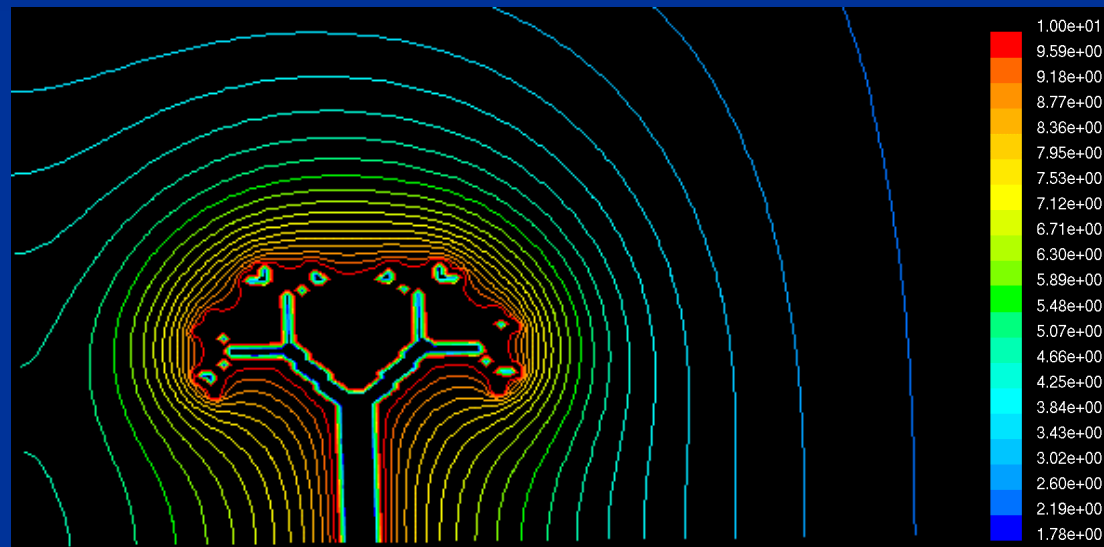


Calcul des grandeurs macroscopiques

- Calcul d'une enveloppe par résolution d'une équation elliptique

$$\left[\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial G}{\partial x_i} \right) \right] = 0 \quad G_{arbre} = 10$$

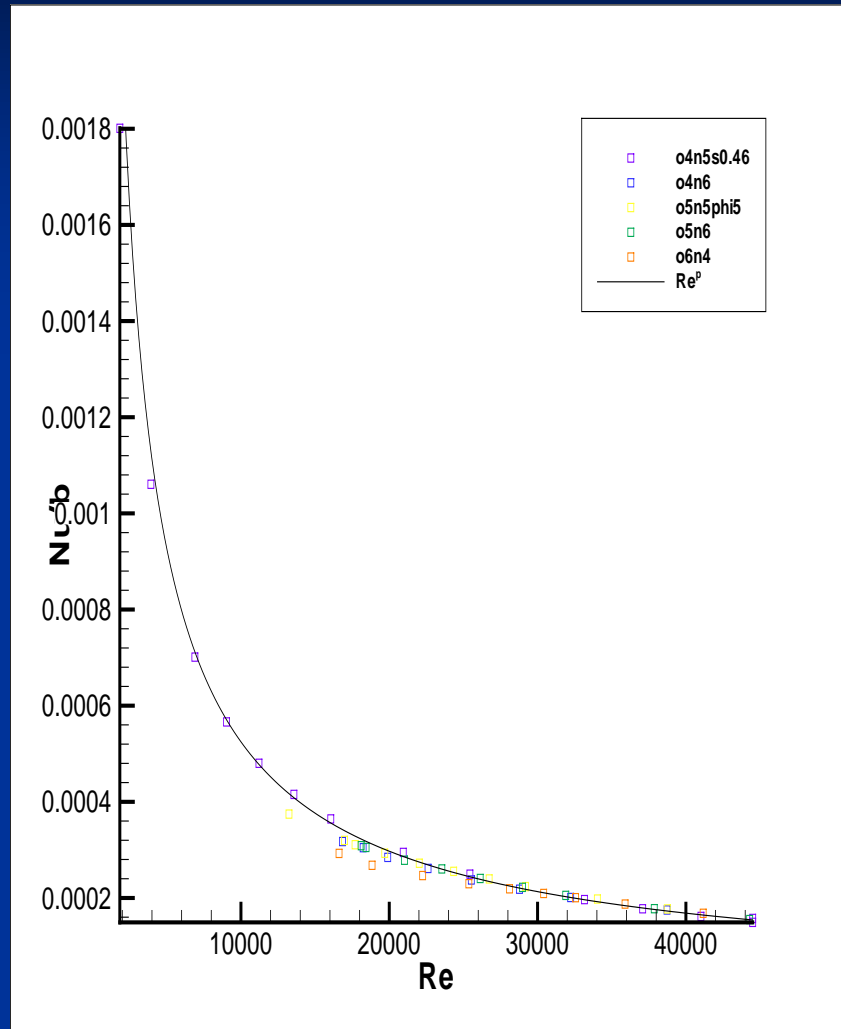
- Choix d'une valeur limite : courbe iso valeur $G=9,6$



- Calcul du volume compris dans l'enveloppe

- Détermination de grandeurs macros $T_{moy} = \frac{1}{V_{f_enveloppe}} \iiint_{V_{f_enveloppe}} T dx dy dz$

Transfert de chaleur



- Choix de l'ajustement :

$$Nu / b = Re^p$$

- Ajustement des valeurs :

$$p = -0,82$$

b dépend de la structure

$$\sup(err) = \sup\left(\frac{\Delta Nu}{Nu}\right) = 0,08$$

Conclusions, perspectives

- La détermination de la vitesse moyenne suffit pour quantifier l'échange thermique entre phases
- Ajustement de la fonction b sur différentes structures végétales réelles
- Étude des paramètres de l'équation de B-F pour déterminer numériquement la vitesse moyenne
- Intégration des modèles à un code de combustion