

Optimisation topologique des échanges thermiques dans un canal vertical asymétriquement chauffé

Delphine Ramalingom, Pierre-Henri Cocquet, Alain Bastide

▶ **To cite this version:**

Delphine Ramalingom, Pierre-Henri Cocquet, Alain Bastide. Optimisation topologique des échanges thermiques dans un canal vertical asymétriquement chauffé. Société Française de Thermique, May 2017, Marseille, France. hal-01618692

HAL Id: hal-01618692

https://hal.univ-reunion.fr/hal-01618692

Submitted on 18 Oct 2017

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.

Optimisation topologique des échanges thermiques dans un canal vertical asymétriquement chauffé

Delphine Ramalingom [1*], Pierre-Henri Cocquet[1] & Alain Bastide[1]

Société Française de Thermique

INTRODUCTION

Objectifs

- Réduction des pertes de charge entre les ouvertures (Δp_t)
- Approcher une température de mélange fixe en sortie du canal (θ_0)

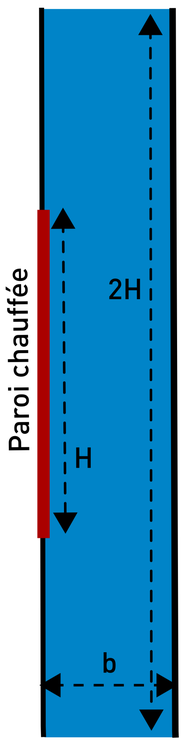
➡ Introduction d'un paramètre de contrôle permettant de créer des agglomérats de matériau

Problème d'optimisation

Minimiser $\mathcal{J}(\vec{X})$ pour :

$$\begin{cases} \nabla \cdot \vec{u} &= 0 \\ (\vec{u} \cdot \nabla)\vec{u} &= -\nabla p + Re^{-1}\ \nabla^2 \vec{u} + Ri\ \theta\ \overrightarrow{e_y} - \alpha\ \vec{u} \\ \vec{u} \cdot \nabla \theta &= \nabla \cdot (f(\alpha)\ \nabla \theta) \ \text{ avec } f(\alpha) = (Re\ Pr)^{-1} g(\alpha) \\ \text{Conditions aux limites (CL)} \end{cases}$$

$\vec{X} = (\vec{u}, p, \theta, \alpha)^T$ regroupe respectivement la vitesse, la pression, la température et le coefficient inverse de la perméabilité sans dimension.



Conditions aux limites (CL)

Γ_{out} **En sortie du canal :**

$$\begin{cases} \vec{u}.\vec{n} > 0 : \ \partial_n \theta = 0,\ p = 0 \\ \vec{u}.\vec{n} < 0 : \ \theta = 0,\ p = -0.5\ \vec{u}^2 \end{cases}$$

Γ_1 **Paroi chauffée :** $\partial_n \theta = -1$

Γ_2 **Parois adiabatiques :** $\partial_n \theta = 0$

Γ_{in} **En entrée du canal :**

$$\{\ \vec{u} = u_{in}\ \vec{e_y},\ \theta = 0$$

MÉTHODES

Fonctionnelle objectif

Elle est définie sur la frontière du domaine de calcul Γ.

$$\mathcal{J}(\vec{X}) = \gamma_1 \underbrace{\frac{1}{2}\left[\int_\Gamma p_t\ \frac{\overrightarrow{u}}{||\overrightarrow{u}||} \cdot \overrightarrow{n}\ d\Gamma\right]^2}_{\mathcal{J}_1} + \gamma_2 \underbrace{\frac{1}{2}\ |\theta_b - \theta_0|^2}_{\mathcal{J}_2} \text{ avec } \theta_b = \frac{\int_{\Gamma_{out}} \theta\ \overrightarrow{u} \cdot \overrightarrow{n}\ d\Gamma}{\int_{\Gamma_{out}} \overrightarrow{u} \cdot \overrightarrow{n}\ d\Gamma}$$

γ_1 et γ_2 sont des coefficients de pondération, θ_b est la température de mélange et θ_0 est la température débitante fixée à 0.07.

Fonction d'interpolation

Pour avoir une répartition homogène de matériau dans le domaine, on choisit une fonction continue définie par une sigmoïde :

$$g(\alpha) = \frac{(\kappa_s - \kappa_f)}{\kappa_f} \frac{1}{1 + e^{-\tau(\alpha - \alpha_0)}} + 1$$

$$\alpha_0 = 0.25,\ \kappa_s = 9.88 \times 10^{-5}\ m^2.s^{-1},\ \kappa_f = 2.125 \times 10^{-5}\ m^2.s^{-1},\ \tau = 200$$

κ_s et κ_f sont les diffusivités thermiques de l'aluminium et de l'air.

Problème adjoint

La méthode des multiplicateurs de Lagrange permet d'obtenir un problème d'optimisation sans contrainte.

$$\begin{cases} \frac{\partial J_\Omega}{\partial \overrightarrow{u}} = \nabla p^* - \alpha\ \overrightarrow{u^*} + \theta\ \nabla \theta^* + Re^{-1} \Delta \overrightarrow{u^*} + \nabla \overrightarrow{u^*}\ \overrightarrow{u} - (\overrightarrow{u^*} \cdot \nabla)\overrightarrow{u} \\ \frac{\partial J_\Omega}{\partial p} = \nabla \cdot \overrightarrow{u}^* \\ \frac{\partial J_\Omega}{\partial \theta} = Ri\ \overrightarrow{u^*} \cdot \overrightarrow{e_y} + \overrightarrow{u} \cdot \nabla \theta^* + \nabla \cdot (f(\alpha) \nabla \theta^*) \\ \text{Conditions aux limites associées} \end{cases}$$

Condition d'optimalité

$$\text{Sur } \Omega : \frac{\partial \mathcal{J}_\Omega}{\partial \alpha} = -\overrightarrow{u} \cdot \overrightarrow{u^*} - g'(\alpha) \nabla \theta\ \nabla \theta^*$$

$$\text{Sur } \Gamma_1 : \frac{\partial \mathcal{J}_\Gamma}{\partial \alpha} = -g'(\alpha)\ \theta^*,\ avec\ \nabla_n\ \theta = -1$$

$$\text{Sur } \Gamma \setminus \Gamma_1 : \frac{\partial \mathcal{J}_\Gamma}{\partial \alpha} = 0$$

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

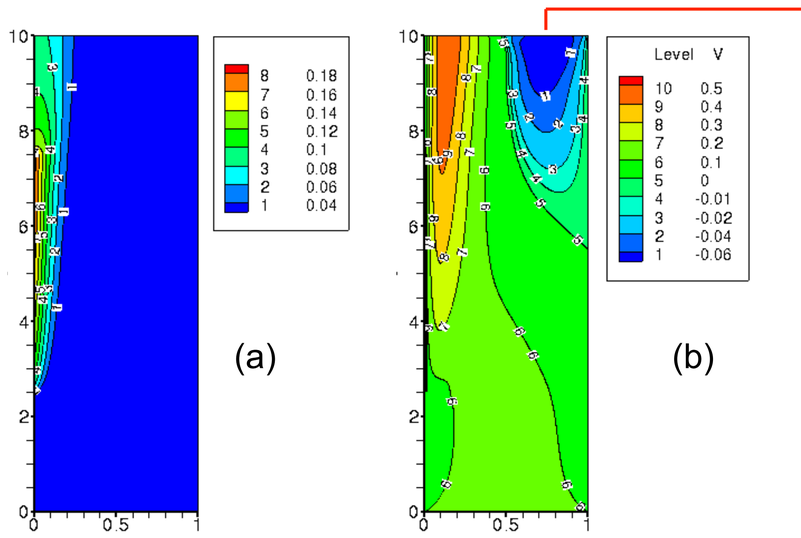


Figure 2 - Composante verticale de la vitesse (a) et champ de température (b) – avant optimisation (S_1)

	$\mathcal{J}_1$	$\mathcal{J}_2$	Δp_t	θ_b
S_1	18.01	$8.13\ 10^{-4}$	6.00	0.0703
S_2	$2.62\ 10^{-5}$	$2.91\ 10^{-6}$	$7.2\ 10^{-3}$	0.0724

Tableau 1 – Comparaison des valeurs calculées avant optimisation (S_1) et après optimisation (S_2)

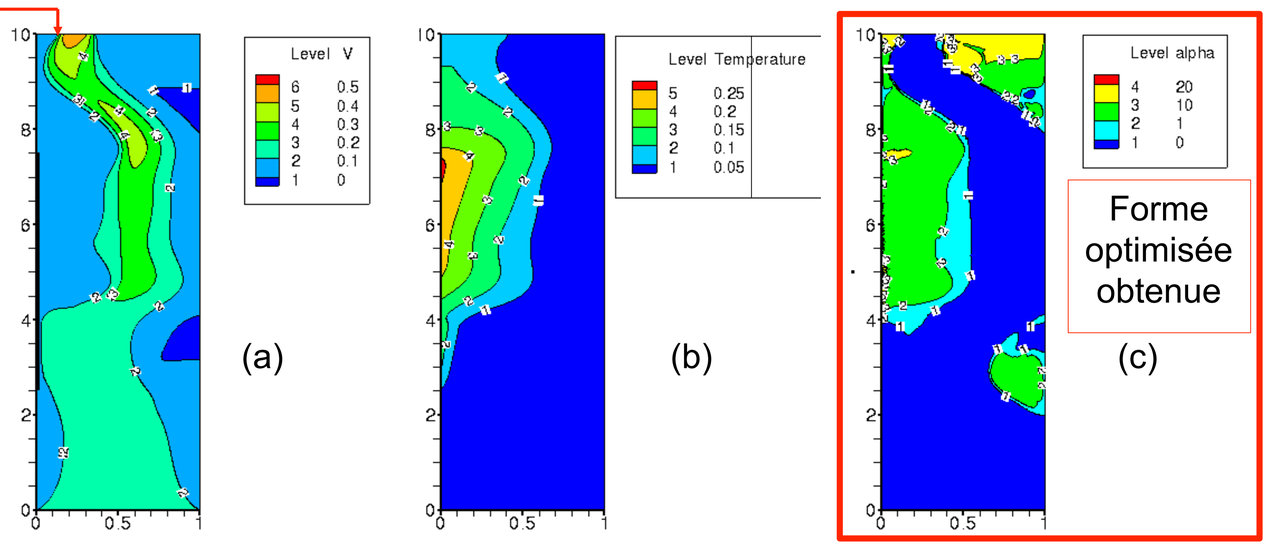


Figure 3 - Composante verticale de la vitesse (a), champ de température (b) et champ α (c) - après optimisation (S_2)

Conclusions

La forme optimisée obtenue permet de :

- Conserver la température débitante en sortie
- Supprimer l'écoulement retour en sortie
- Réduire la perte de pression totale dans le canal

On obtient une interface fluide/solide bien délimitée en fin de simulation.

(*) Auteur correspondant (delphine.ramalingom@univ-reunion.fr)
(1) PIMENT, Université de La Réunion

Congrès français de thermique
Thermique Mers et Océans
Marseille 30 mai / 2 juin 2017