

DÉSENFUMAGE DES STATIONS DE MÉTRO

31ÈMES JOURNÉES DU GROUPE DU RÉSOFEUX
01 ET 02 DÉCEMBRE 2022

Introduction

CADRE : Thèse CIFRE entre ingénierie de conception et recherche

Ingénierie de conception : trouver le débit d'extraction et la position des bouches optimal

- Règlementation à respecter ;
- Procédure par essais – erreurs ;
- 3 règles incontournables :
 - Garantir une évacuation des usagers en toute sécurité,
 - Limiter la propagation du feu
 - Faciliter les opérations des Services de sécurité intervenant.
- Critères en vitesse aux arrivées d'air : $V < 5 \text{ m/s}$
- Débit aux bouches Q_e : compris entre 0.5 et 8 m^3/s .

Introduction

Objectif :

- Trouver des solutions générique pour « pré-dimensionner » les systèmes de désenfumage
- Cas d'une station de métro simplifiée

→ Déterminer le débit volumique minimal qui permet de respecter des critères de sécurité fixés

Outils :

- Code à champ (CFD avec FDS)
- Modèle analytique des codes à zone



Sommaire

Introduction

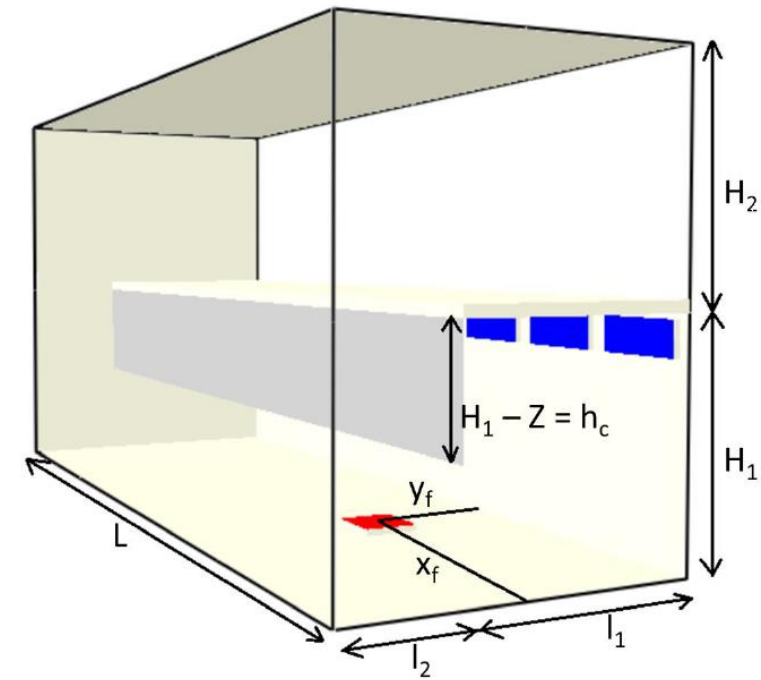
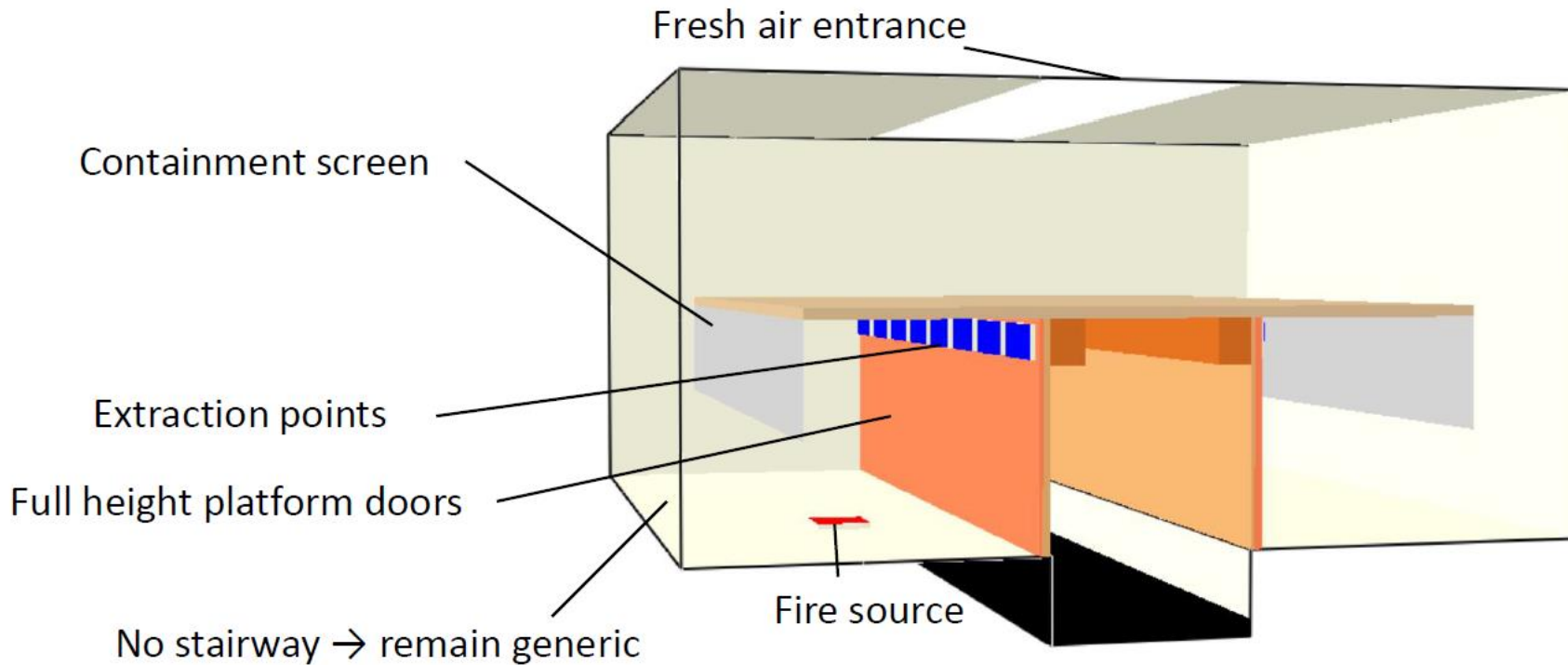
1. Simulations numériques :
 - Géométrie
 - Scénarios et critères
 - Résultats et observations
2. Modèle analytique :
 - Modèle EFB
 - Comparaison CFD – modèle analytique
3. Pistes de recherche
4. Conclusion



1. Simulations numériques

Géométrie

Cas de quais avec portes palières intégrales



Symétrie



1. Simulation numérique

Scénarios et critères

- Position du feu : 4 m d'une parois de bout de quais
 - $H = 4$ m
 - $l_1 = 4$ m
 - $l_2 = 2$ m
 - Cantonnement = 2 m
- Conditions non réalistes
- FDS :
 - 24 ou 48 maillages avec 24 000 mailles /maillages
 - Parois adiabatiques
 - 10 min de simulations / 12 h
 - Paramètres variables : $L(m)$, $Q_c (W)$, $h_c (m)$
 - Cas stationnaire avec Q_c maximal



1. Simulations numériques

Scénarios et des critères

Scénarios :

- Plus de 40 simulations
- $L = [16, 32]$ m ;
- $hc = [2, 1.5]$ m ;
- $Qc = [0.1, 0.5, 1, 1.5, 3, 5, 10]$ MW.

Critères :

- Température visuellement considérée comme de la fumée à 40°C,
- Vitesse traversante sous l'écran de cantonnement :
- Fds2ascii
- Découpe de la largeur en cellules de 2m de large
- Négative pour toutes cellules → fumées confinées en quais
- Positive à un endroit → fumées non confinées

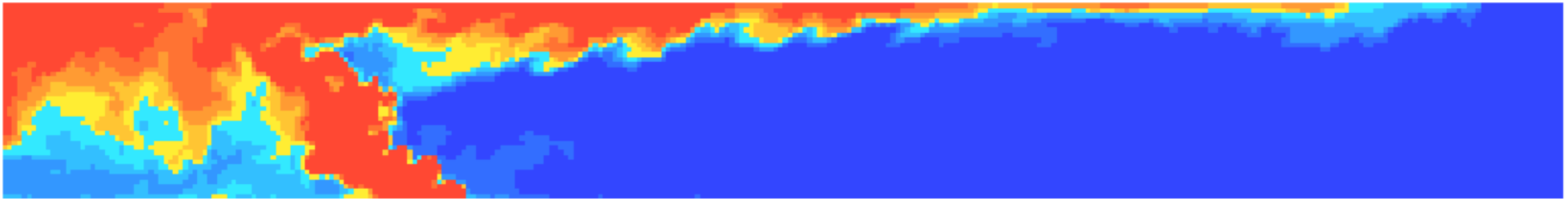


1. Simulations numériques

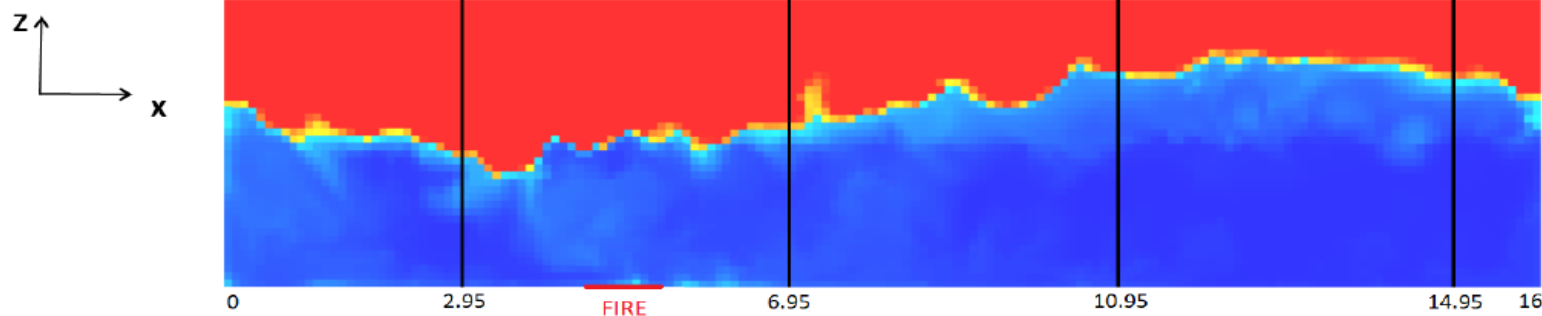
Résultats et observations

→ Certains phénomènes observés dans toutes les simulations

$L = 32 \text{ m}$, $hc = 2 \text{ m}$, $Qc = 500 \text{ kW}$, $Y = 2 \text{ m}$



$L = 16 \text{ m}$, $hc = 2 \text{ m}$, $Qc = 1 \text{ MW}$, $Y = 3.9 \text{ m}$



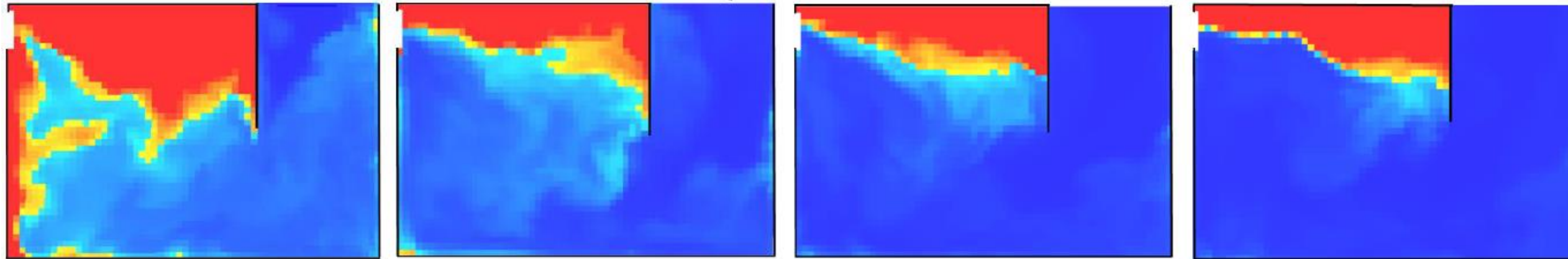
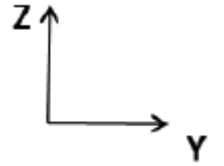


1. Simulations numériques

Résultats et observations

→ Certains phénomènes observés dans toutes les simulations

$L = 16 \text{ m}$, $h_c = 2 \text{ m}$, $Q_c = 1 \text{ MW}$



X = 3 m

X = 7 m

X = 11 m

X = 15 m

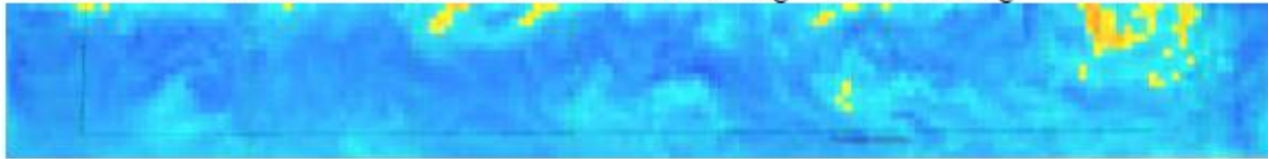




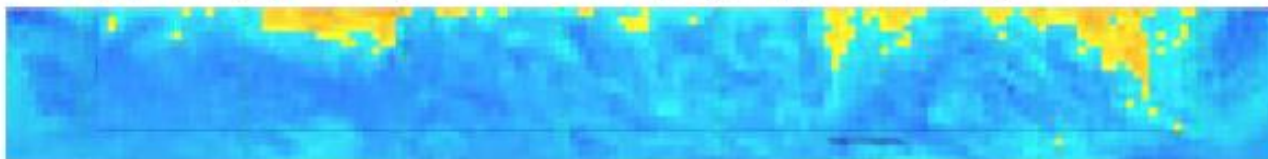
1. Simulations numériques

Résultats et observations

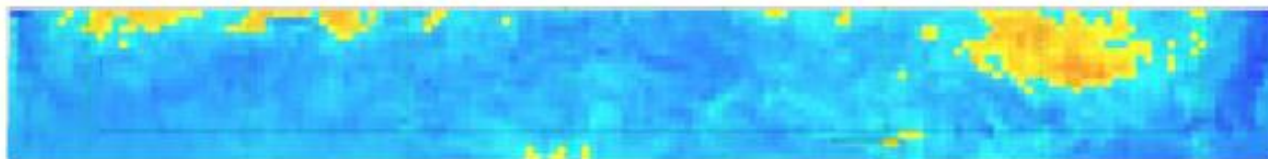
B16_1000_01: $Q_e = 23.9 \text{ m}^3/\text{s}$; $H_c = 2 \text{ m}$; $Q_c = 1 \text{ Mw}$



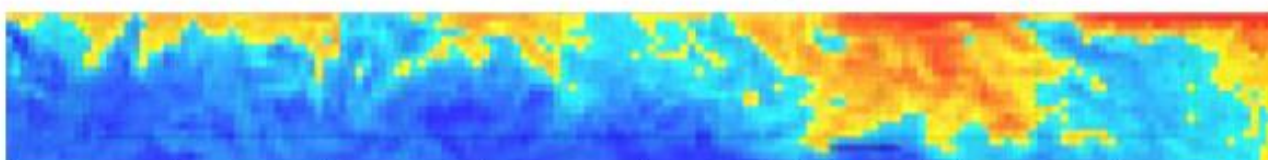
B16_1000_02: $Q_e = 21.8 \text{ m}^3/\text{s}$; $H_c = 2 \text{ m}$; $Q_c = 1 \text{ Mw}$



B16_1000_01: $Q_e = 19.9 \text{ m}^3/\text{s}$; $H_c = 2 \text{ m}$; $Q_c = 1 \text{ Mw}$

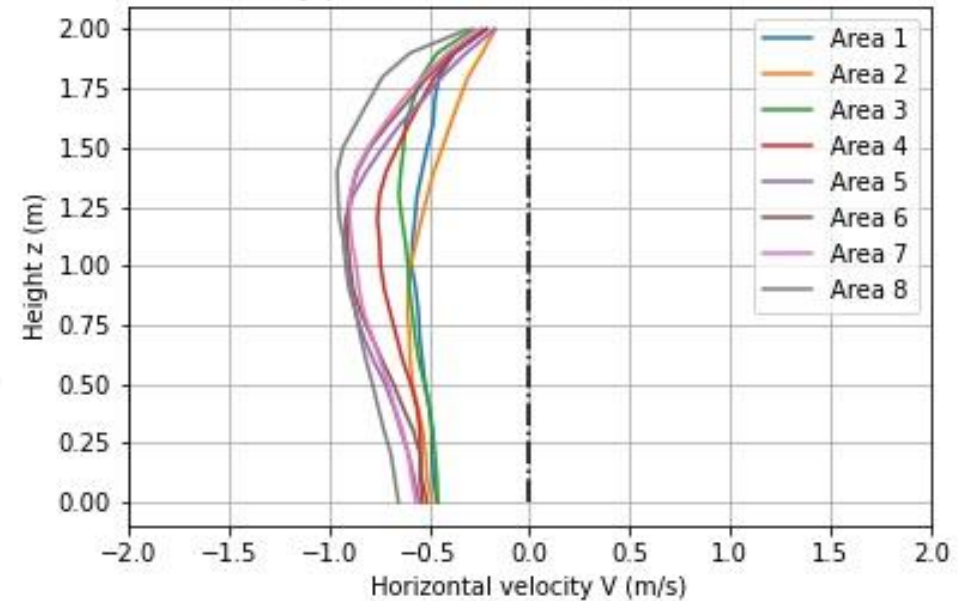


B16_1000_01: $Q_e = 17.7 \text{ m}^3/\text{s}$; $H_c = 2 \text{ m}$; $Q_c = 1 \text{ Mw}$

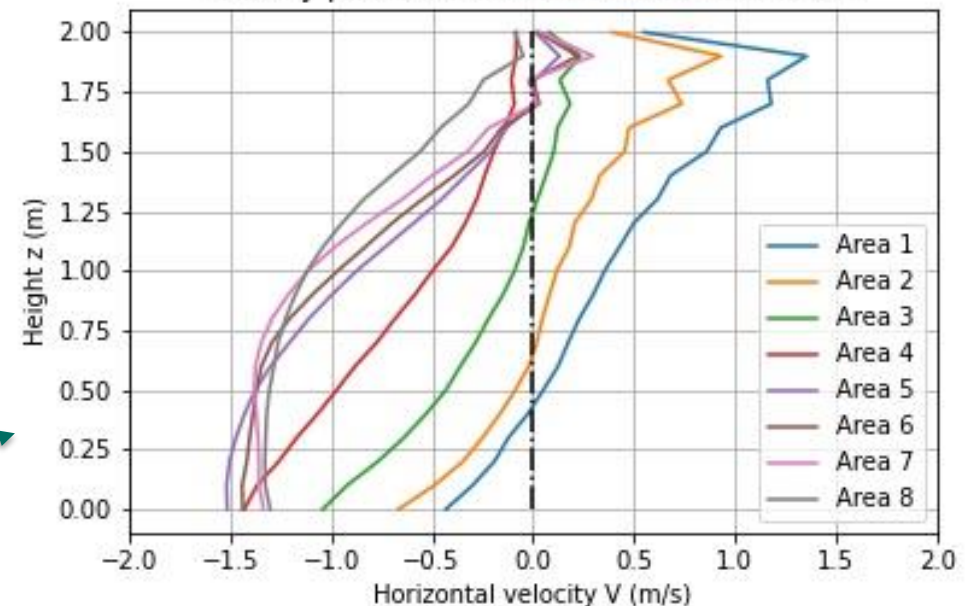


8 7 6 5 4 3 2 1

Velocity profile under the cantonment screen



Velocity profile under the cantonment screen





2. Modèle analytique

Modèle EFB

Rapprochement avec modèle analytique des codes à zone :

- Modèle de panache (Heskestad cas non Boussinesq)
- Equations de conservation (Masse, Énergie, Moment)
- Combinaison avec conservation débit volumique et massique
- Equation différentielles suivantes :

$$\text{Volume : } \frac{d(hS)}{dt} = \frac{\pi}{4}d^2u - Q_e$$

$$\text{Masse : } \frac{d(\rho_1 hS)}{dt} = \rho \frac{\pi}{4}d^2u - \rho_1 Q_e$$

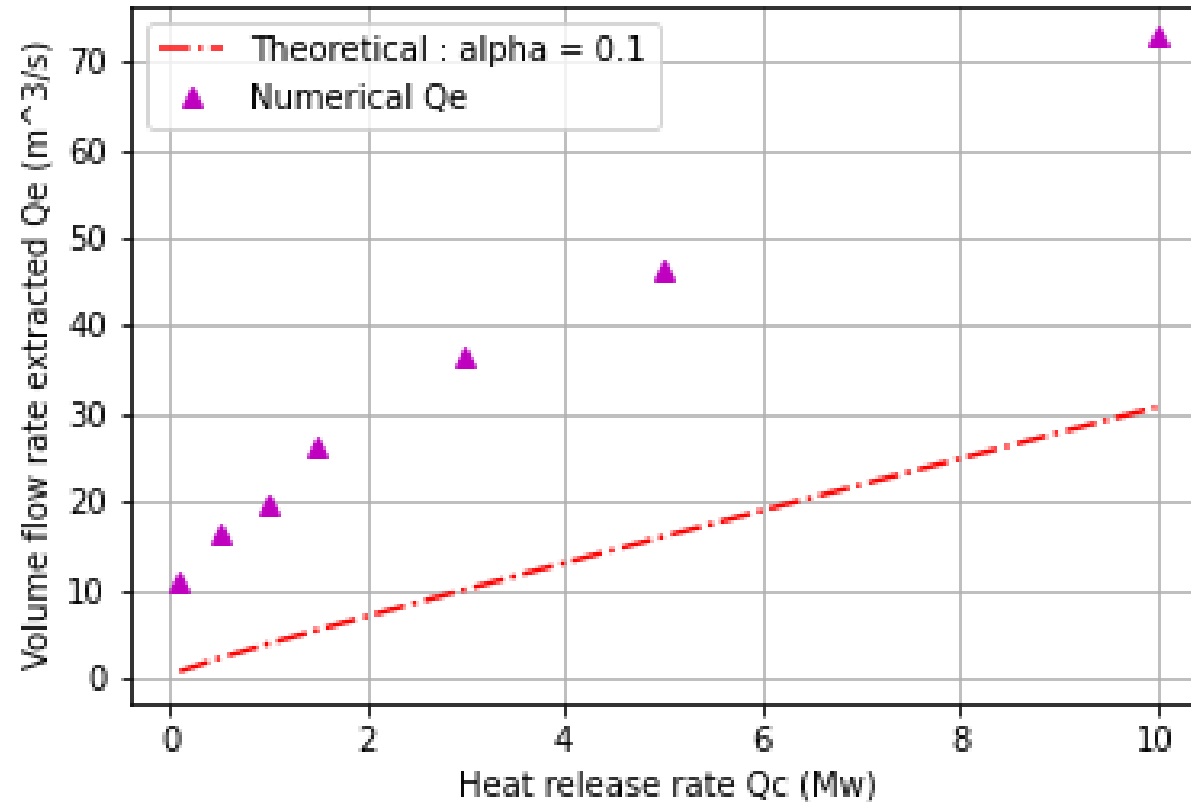
- Etat stationnaire :
 - Indépendant de la longueur des quais
 - Calcul direct du débit à extraire pour une puissance, hauteur d'interface et coefficient d'entraînement donné



2. Modèle analytique

Comparaison CFD modèle analytique

- $L = 16 \text{ m}$, $hc = 2 \text{ m}$:





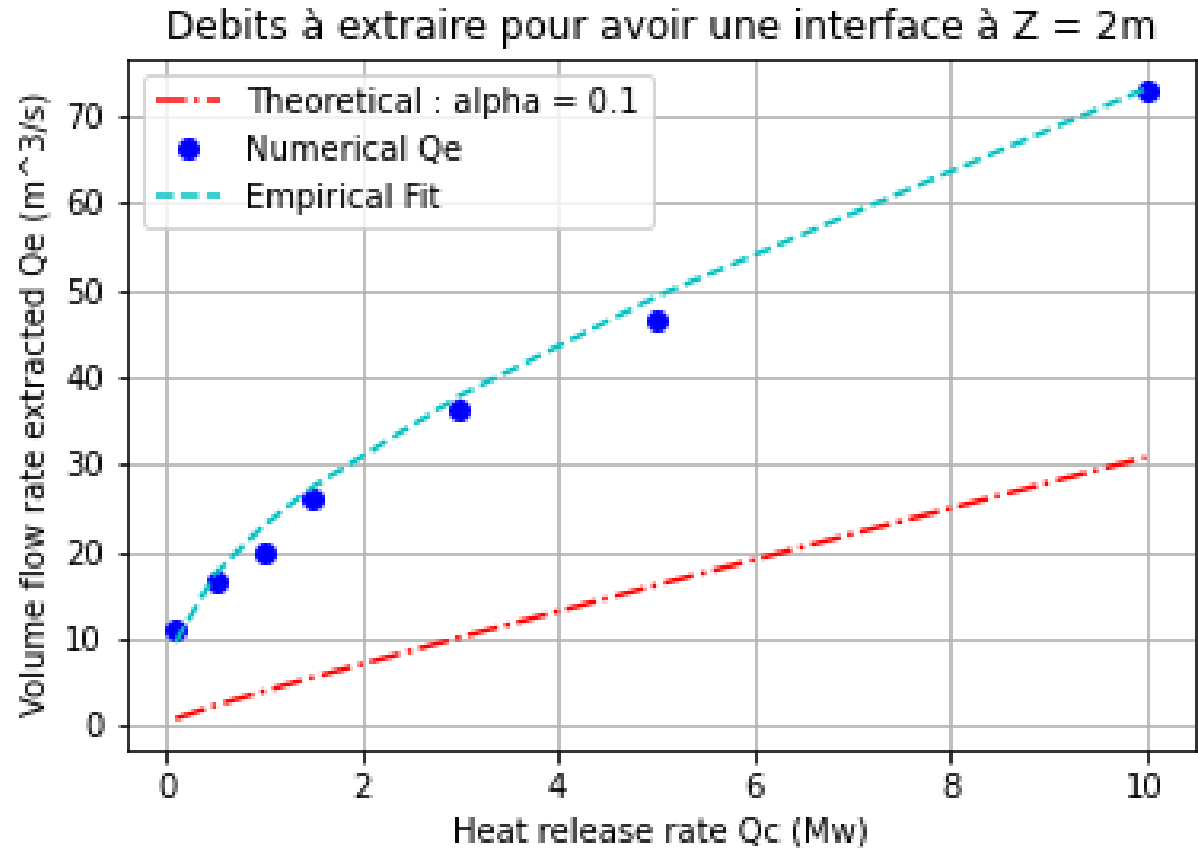
3. Pistes de recherche

- Reprendre la loi en puissance avec fit empirique :

$$\rightarrow \alpha Q_c^{1/3} + \beta Q_c$$

$$\alpha = 20$$
$$\beta = 3$$

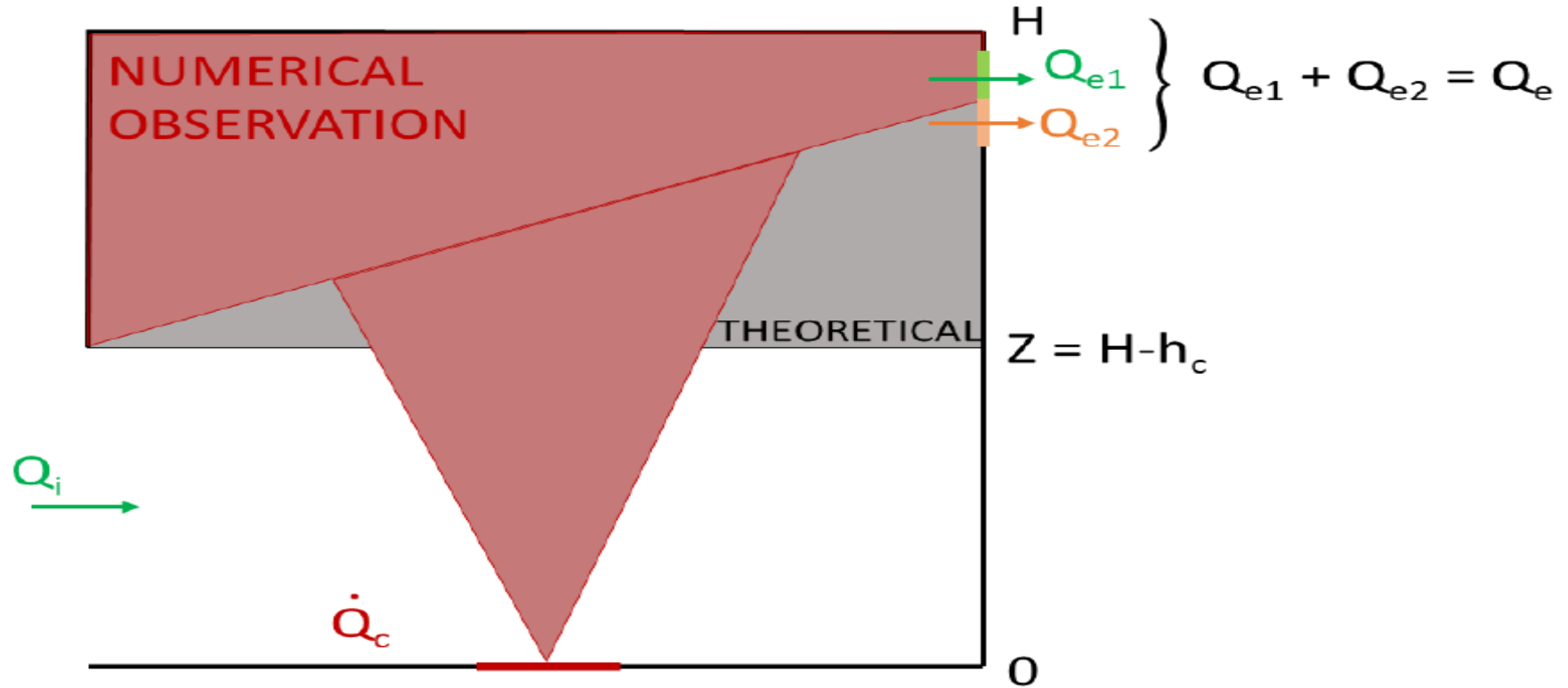
- Pas de justification physique à α et β





3. Pistes de recherche

- Interface diagonale + poinçonnement :



Bonne piste ($\approx 30\%$ d'efficacité visuellement) problème de clôture
Dépendance à la position du feu
HP d'attachement de la couche de fumée à l'écran



3. Piste de recherche

Autres pistes :

- Travail sur le calcul de l'efficacité et du rendement ;
- Revoir (et adapter) travaux sur couche de mélange et sur modèles multicouches ;
- Analytique donne un profil de température carré
→ Peut on reconstruire un profil de température réel ?
- Couche non homogène dans la largeur
→ travail sur cantons de 16 m avec débit variable
en fonction des situations de feu dans les cantons.



4. Conclusion

- Base de données à partir de simulations numériques ;
- Comparaison avec modèle théorique ;
- Encore du travail à faire :
 - Optimisation des simulations,
 - Méthodologie de calcul pour l'efficacité et le rendement,
 - Travail sur le modèle analytique.

Beaucoup de pistes de recherche.

Des problèmes rencontrés sur la dépendance forte à la géométrie et le fait que l'actuelle n'est pas la plus réaliste.

Recherche actuellement en cours ...

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

DES QUESTIONS ?

www.arteliagroup.com



iusti
UMR 7343