

Simulations aux grandes échelles de panaches

CFM 2013 – GDR Feux

Damien Lamalle, Pierre Carlotti, Pietro Salizzoni, Richard Perkins

CSTB – ECL

27 Août 2013



Contenu de la présentation

- 1 Contexte de l'étude
- 2 Présentation du cas simulé
 - Démarche de l'étude
 - Cas expérimental d'A. Ezzamel
- 3 Résultats
 - Grandeurs caractéristiques du panache
 - Estimation de l'entraînement dans le panache
 - Intensités turbulentes du panache
- 4 Conclusion et perspectives

- 1 Contexte de l'étude
- 2 Présentation du cas simulé
 - Démarche de l'étude
 - Cas expérimental d'A. Ezzamel
- 3 Résultats
 - Grandeurs caractéristiques du panache
 - Estimation de l'entraînement dans le panache
 - Intensités turbulentes du panache
- 4 Conclusion et perspectives

La simulation incendie dans les études de sécurité

- Utilisation de plus en plus souvent de la simulation numérique de type CFD dans les études de sécurité incendie
- Plusieurs types d'incertitudes existent (modèles numériques, erreurs de l'utilisateur lors du paramétrage du code...)
- Nécessité de bien connaître le code employé, ainsi que les modèles physiques implémentés

La simulation incendie dans les études de sécurité

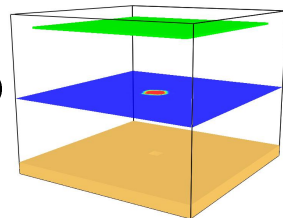
- Utilisation de plus en plus souvent de la simulation numérique de type CFD dans les études de sécurité incendie
- Plusieurs types d'incertitudes existent (modèles numériques, erreurs de l'utilisateur lors du paramétrage du code...)
- Nécessité de bien connaître le code employé, ainsi que les modèles physiques implémentés

Comment bien simuler les panaches d'incendie ?

- 1 Contexte de l'étude
- 2 **Présentation du cas simulé**
 - Démarche de l'étude
 - Cas expérimental d'A. Ezzamel
- 3 Résultats
 - Grandeurs caractéristiques du panache
 - Estimation de l'entraînement dans le panache
 - Intensités turbulentes du panache
- 4 Conclusion et perspectives

Méthodologie appliquée

- **Simulation de cas expérimentaux**
 - Panaches libres
 - Thèse d'A. Ezzamel (2011)
- **Utilisation de FDS (Fire Dynamics Simulator)**
- **Modification des sources de FDS afin de calculer les équations de panache en fonction de la hauteur et à chaque pas de temps**



Équations de panache

Flux de masse

$$G = \iint_S \rho w \, dS$$

Flux de flottabilité

$$B = \iint_S g \frac{\rho_a - \rho}{\rho_a} w \, dS$$

Flux de quantité
de mouvement

$$M = \iint_S \rho w^2 \, dS$$

Expérience d'A. Ezzamel

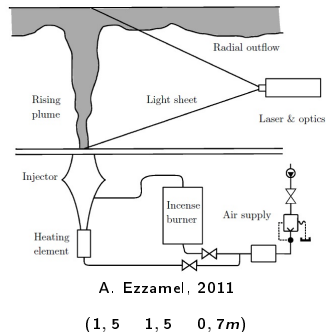
Source : Injection d'air chaud

- Débit maximum : 62,5 l/min
- Température d'injection : 14 – 134 °C

Avec et sans plafond

Métrieologie :

- Thermocouples
- PIV à 4 Hz



Simulation du cas d'A. Ezzamel

Domaine de calcul : $0.8044 \times 0.8044 \times 0.72396$

Maillage	Taille <i>mm</i>	Nombre de mailles	Temps simulé	Temps de calcul
A	10	460 000	300s	12.5 heures
B	8	900 000		44.1 heures
C	5	3 686 400		213.8 heures

Maillage	Surface de la source	Plaque Puissance	Injection	
			Vitesse	Température
A	16.18cm ²	0.115kW	0.6244m/s	153.63 °C
B				
C				

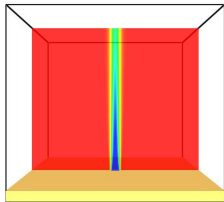
La puissance de la plaque chauffante a été établie de manière à avoir un flux de flottabilité équivalent à l'injection.

- 1 Contexte de l'étude
- 2 Présentation du cas simulé
 - Démarche de l'étude
 - Cas expérimental d'A. Ezzamel
- 3 Résultats**
 - Grandeurs caractéristiques du panache
 - Estimation de l'entraînement dans le panache
 - Intensités turbulentes du panache
- 4 Conclusion et perspectives

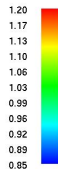
Visualisation de l'écoulement

Injection_C

Smokeview 6.0.11 - Dec 20 2012



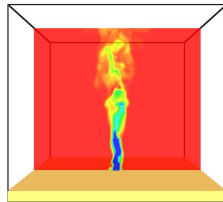
Time: 150.0

Slice
rho
kg/m3

mesh: 1

Plaque_C

Smokeview 6.0.11 - Dec 20 2012



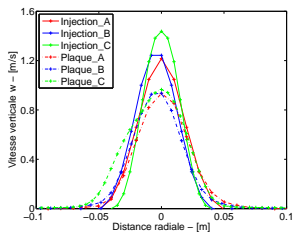
Time: 149.8

Slice
rho
kg/m3

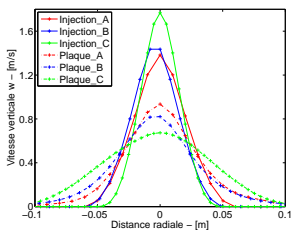
mesh: 1

Profils de la vitesse verticale

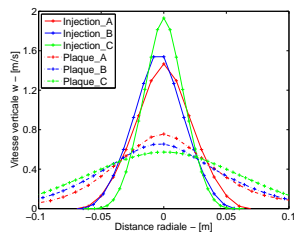
$z = 0.20$ m



$z = 0.40$ m



$z = 0.60$ m



Théorie des panaches purs

Selon la théorie des panaches purs :

- $G = \pi \rho_H W_H b_H^2$
- $B = \pi \frac{\rho_a - \rho_H}{\rho_a} W_H b_H^2$
- $M = \pi \rho_H W_H^2 b_H^2$

On obtient donc :

- $W_H = \frac{M}{G}$
- $\rho_H = \frac{\rho_a}{1 + \rho_a \cdot \frac{B}{g \cdot G}}$
- $b_H = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{G}{\sqrt{\rho_H \cdot M}}$

Théorie des panaches purs

Selon la théorie des panaches purs :

- $G = \pi \rho_H W_H b_H^2$
- $B = \pi \frac{\rho_a - \rho_H}{\rho_a} W_H b_H^2$
- $M = \pi \rho_H W_H^2 b_H^2$

On obtient donc :

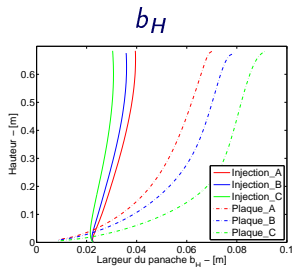
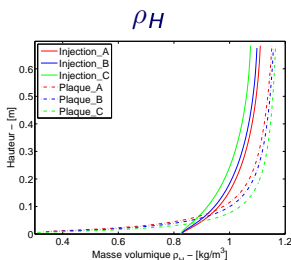
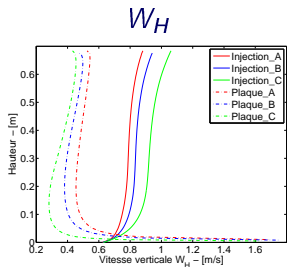
- $W_H = \frac{M}{G}$
- $\rho_H = \frac{\rho_a}{1 + \rho_a \cdot \frac{B}{g \cdot G}}$
- $b_H = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{G}{\sqrt{\rho_H \cdot M}}$

- $\frac{dG}{dz} = \alpha \times 2\sqrt{\pi} \sqrt{\rho_a M}$
- $\frac{dB}{dz} = 0$
- $\frac{dM}{dz} = \alpha' \times \rho_a \frac{BG}{M}$

On obtient donc :

- $\alpha = \frac{1}{2\sqrt{\pi} \sqrt{\rho_a M}} \frac{dG}{dz}$
- $\alpha' = \frac{1}{\rho_a} \frac{M}{BG} \frac{dM}{dz}$

Grandeurs caractéristiques du panache

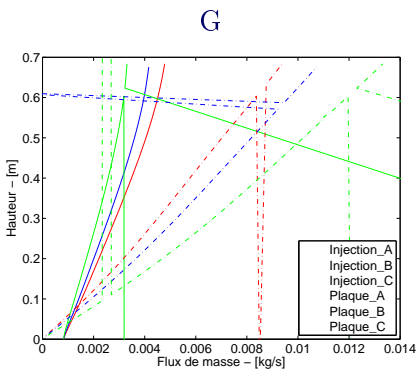


$$W_H = \frac{M}{G}$$

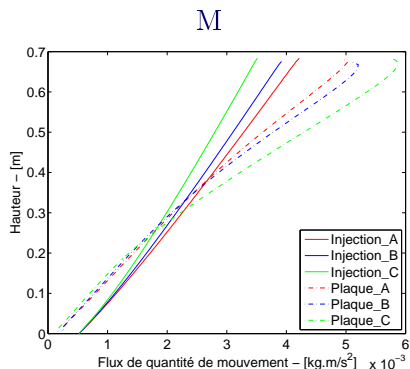
$$\rho_H = \frac{\rho_a}{1 + \rho_a \cdot \frac{B}{g \cdot G}}$$

$$b_H = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{G}{\sqrt{\rho_H \cdot M}}$$

Les flux des équations de panaches

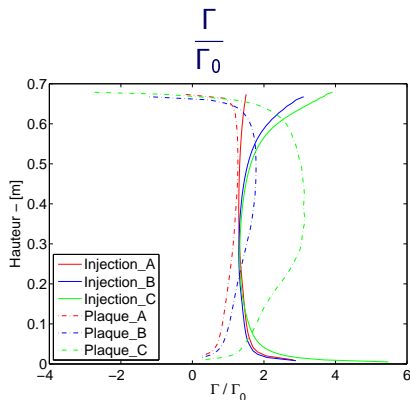
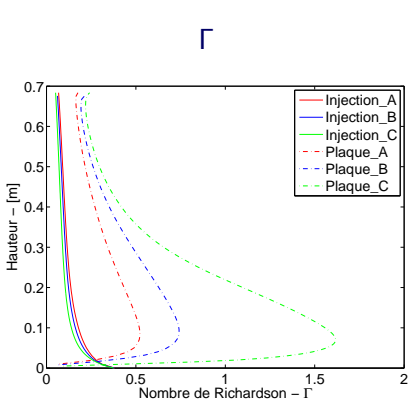


$$G = \iint_S \rho w \, dS$$



$$M = \iint_S \rho w^2 \, dS$$

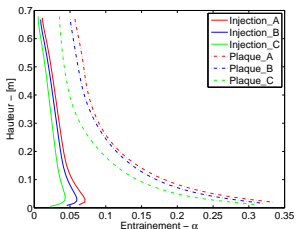
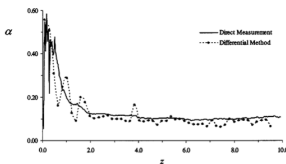
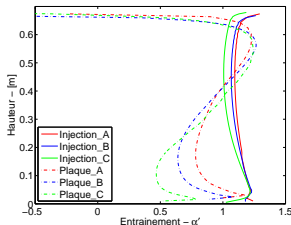
Nombre de Richardson



$$\Gamma = \rho_a^{1/2} G^2 \frac{B}{M^{5/2}}$$

$$\Gamma_0 = \frac{8\sqrt{\pi}}{5} \frac{\alpha}{\alpha'}$$

Entraînement dans le panache

 α  α_{exp}  α' 

$$\alpha = \frac{1}{2\sqrt{\pi}\sqrt{\rho_a M}} \frac{dG}{dz}$$

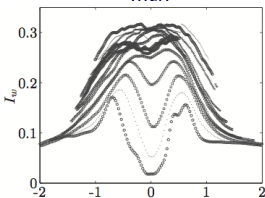
Pham, Plourde
& Kim, 2005

$$\alpha' = \frac{1}{\rho_a} \frac{M}{BG} \frac{dM}{dz}$$

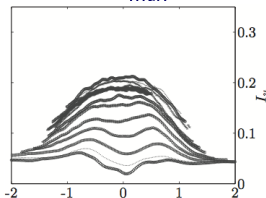
Profils turbulents à 0.50m

Expérience

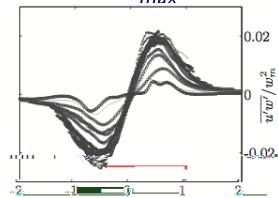
$$\frac{\sigma_w}{W_{max}}$$



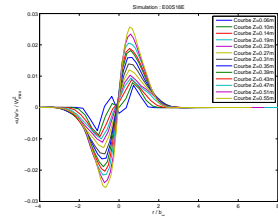
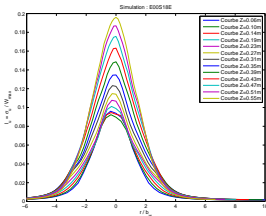
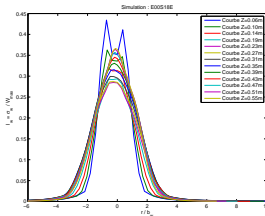
$$\frac{\sigma_u}{W_{max}}$$



$$\frac{\langle u'w' \rangle}{W_{max}^2}$$



Plaque_C



- 1 Contexte de l'étude
- 2 Présentation du cas simulé
 - Démarche de l'étude
 - Cas expérimental d'A. Ezzamel
- 3 Résultats
 - Grandeurs caractéristiques du panache
 - Estimation de l'entraînement dans le panache
 - Intensités turbulentes du panache
- 4 Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion

- Simulation de panaches libres avec FDS
- Calcul des flux au sein du panache en fonction de la hauteur
- Étude de la sensibilité au maillage
- Nouvelle méthode du calcul de l'entraînement au sein du panache

Perspectives

- Étudier d'autres cas
 - Grands volumes
 - Pièce avec différent isolants...

Je vous remercie pour votre attention !