

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Étude de la propagation des fumées d'incendie en milieu confiné et ventilé mécaniquement d'un local « source » vers un local « cible »

23 juin 2008 - GDR INCENDIE - Le Havre

Présentée par Caroline LUCCHESI, Doctorante 3^{ème} année, DPAM/SEREA/LEF

IUSTI UMR 6595 équipe « Risque et Transfert » (Aix-Marseille II)

Directeur de thèse: M. Philippe BOURNOT

Tuteur IRSN: M. Hugues PRETREL

Tuteur université: M. Olivier VAUQUELIN

Thèse cofinancée IRSN et région PACA

(Support technique TSI-France)



Sommaire

- LE CONTEXTE
- LES OBJECTIFS
- LES FINALITES
- LES MOYENS
- PRINCIPE DE LA MAQUETTE AIR/HELIUM
- UN EXEMPLE DE RESULTAT
- CONCLUSIONS

Le contexte IRSN

- Prévenir et maîtriser le risque incendie dans une installation industrielle

 Etude de la propagation des fumées

- Problématique posée par les phénomènes de propagation des fumées:

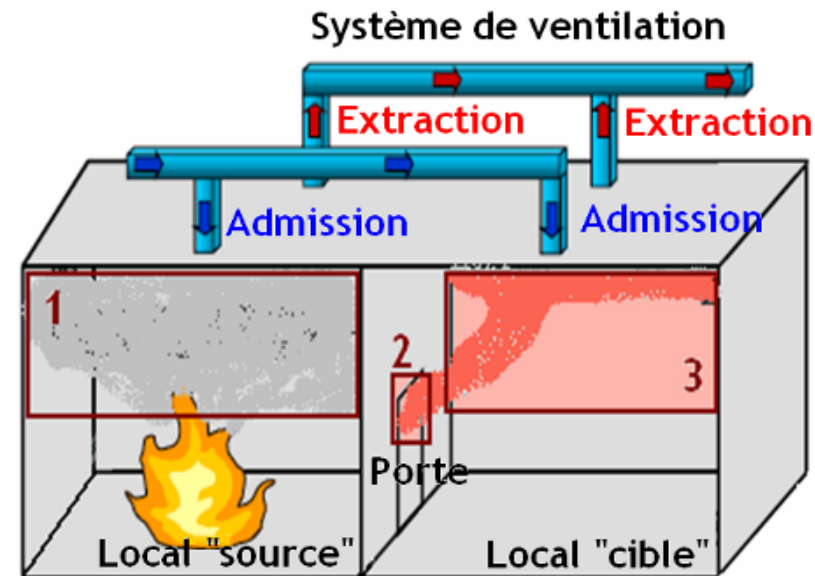
- Propagation du stress thermique,
- Propagation des espèces gazeuses,
- Propagation des suies,
- Transport des radio-nucléides.

- Impact de la propagation des fumées sur la sûreté :

- Agressions des équipements : dysfonctionnements électriques, propagation de l'incendie,
- Risques pour les personnes : toxicité des fumées, opacité des fumées gênant l'évacuation et l'intervention, contamination radiologique.

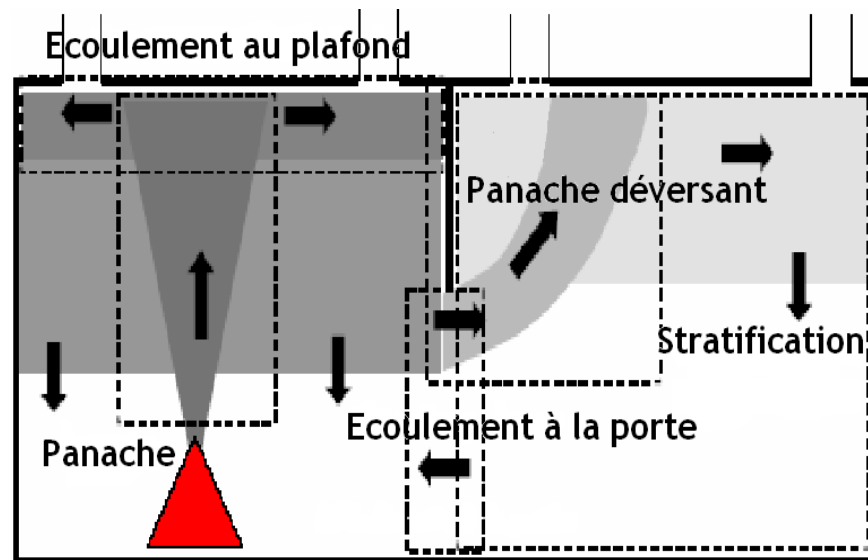
Les objectifs

- Etude des écoulements de fumées dans une configuration 2 locaux avec une porte ouverte
 - Phénomène de remplissage et de stratification dans le local source (1)
 - Écoulement de transfert au niveau de la porte (2)
 - Panache déversant dans le local cible (3)
- Mise en place d'une approche originale
 - Développement d'une approche à échelle réduite en support aux essais grande échelle
 - Mise en œuvre de techniques de mesures optiques pour l'étude des écoulements (tomographie, PIV)



Les finalités

- Compréhension et modélisation physique des mécanismes de propagation
- Production de données expérimentales détaillées sur les transferts par une porte ouverte entre deux locaux et sur la morphologie du panache déversant dans le local cible.



Les moyens

- Approche expérimentale à échelle réelle (Laboratoire d'Expérimentation des Feux, Cadarache)
 - Dispositif DIVA
 - Campagne expérimentale PRISME-Door
- Approche expérimentale à échelle réduite (IUSTI, Université de la Méditerranée)

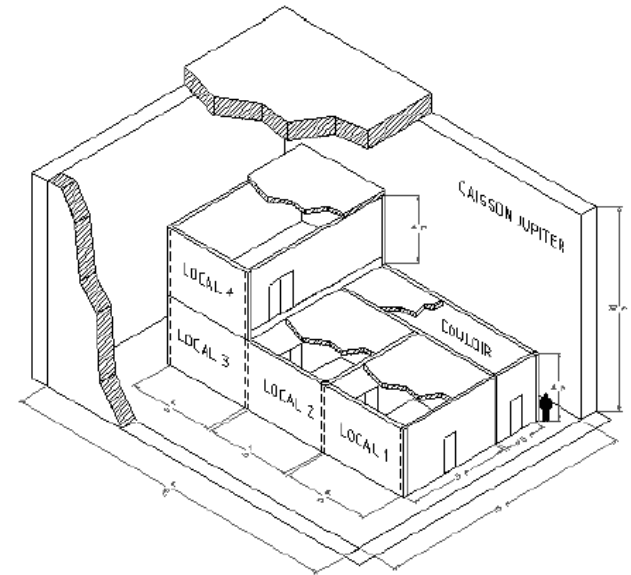


Schéma représentatif de DIVA

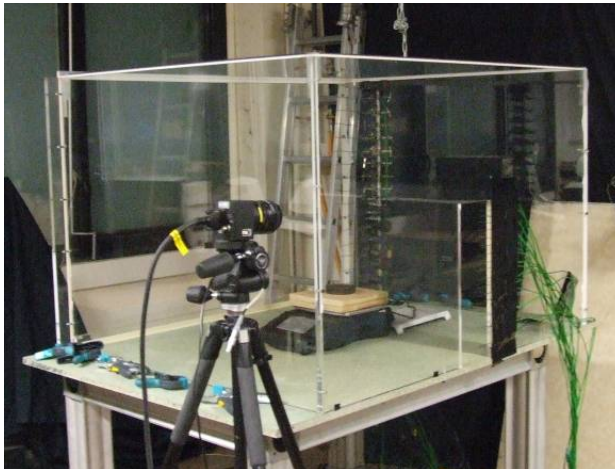


Photo du local source de la maquette thermique

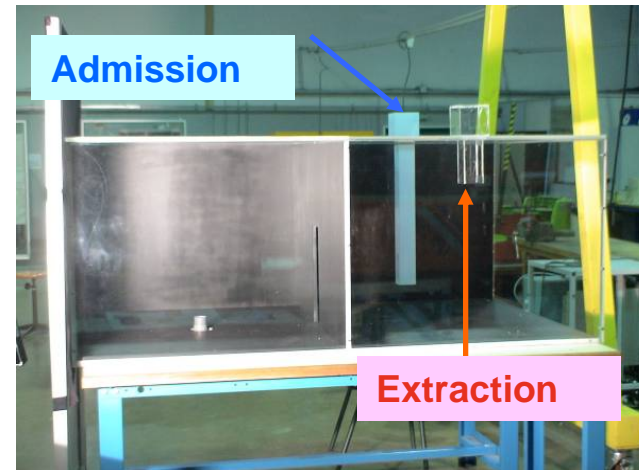
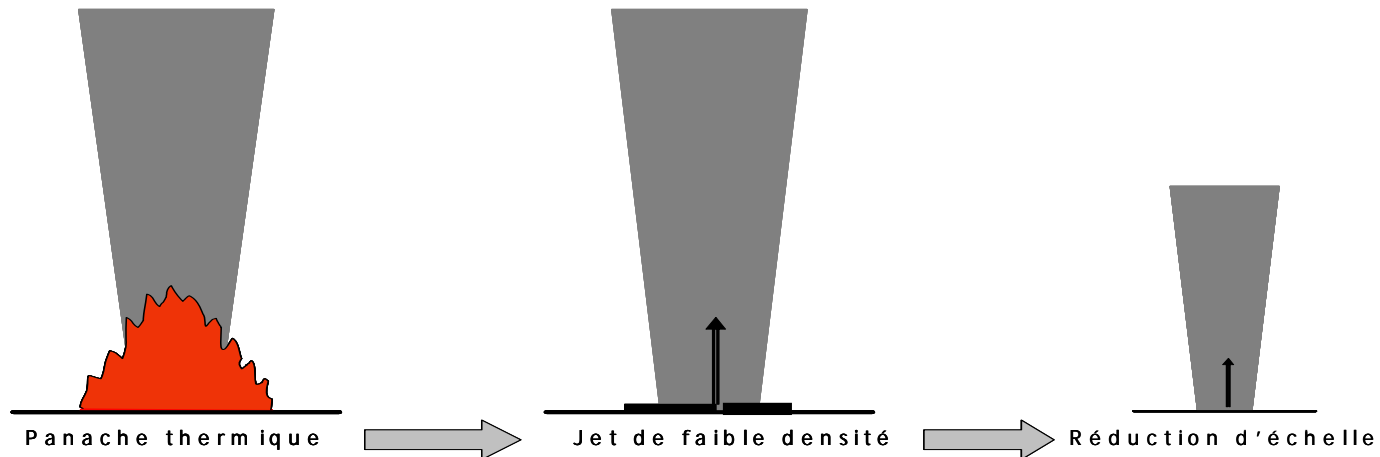


Photo de la maquette densimétrique air/hélium

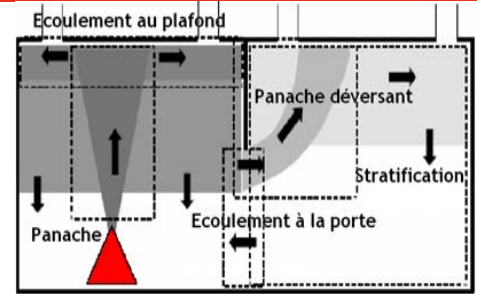
Principe de la maquette air/hélium

- Reproduction d'un panache thermique par un jet de faible densité
- Reproduction du débit de flottabilité
- Reproduction de la dualité entre les forces d'inertie et les forces de flottabilité

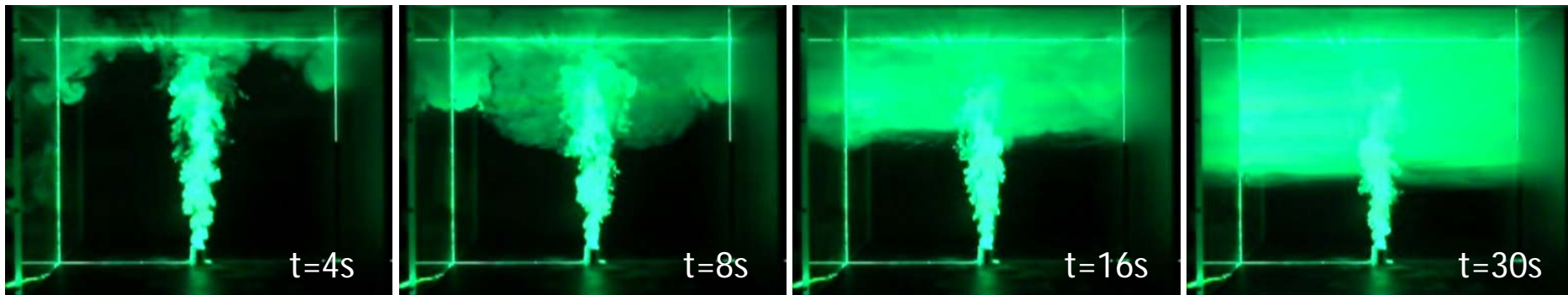


- **Les limites:**
 - Pas de processus de combustion
 - Pas de transfert thermique
 - Apport de masse et de quantité de mouvement

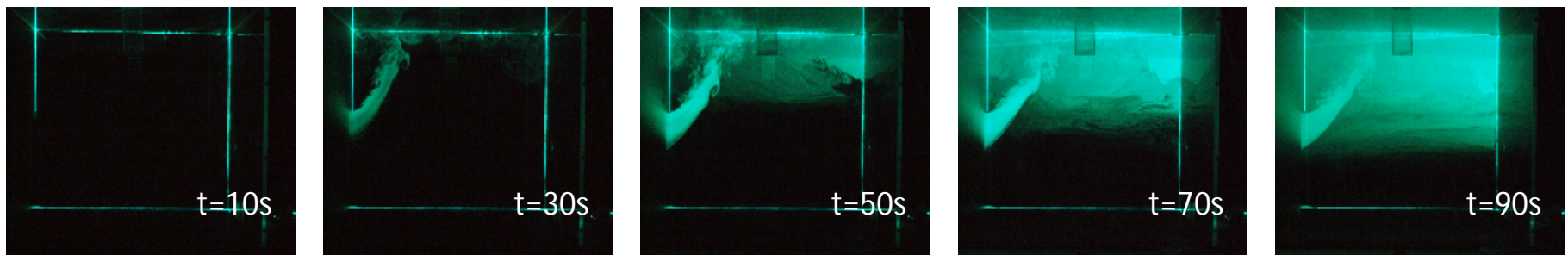
Tests de faisabilité



- $q_{He} = 150 \text{ I/min}$ ($Q_{c,maq} = 0.78 \text{ kW}$, $Q_{c,réel} = 43.8 \text{ kW}$), local cible ventilé (TR 5)
 - Dans le local source



- Dans le local cible

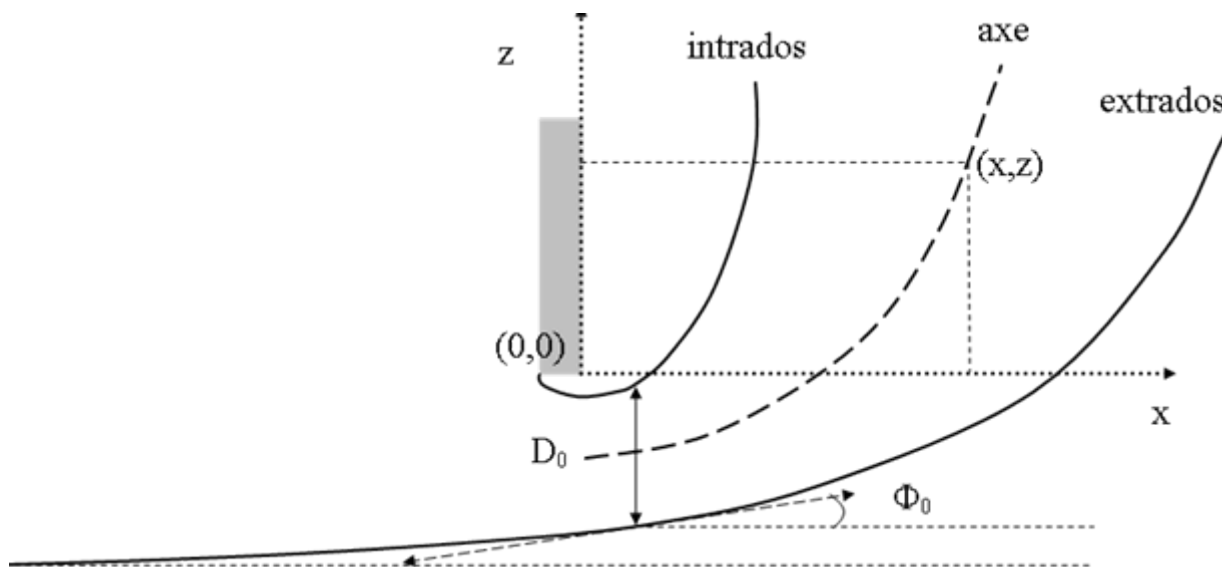


Un exemple de résultat obtenu sur la maquette
densimétrique

Étude expérimentale de l'écoulement de fumées au niveau de la porte

■ Objectif:

- Caractérisation géométrique de l'écoulement à la porte
 - Épaisseur de la couche de fumées à la porte
 - Angle d'injection



Dispositif expérimental

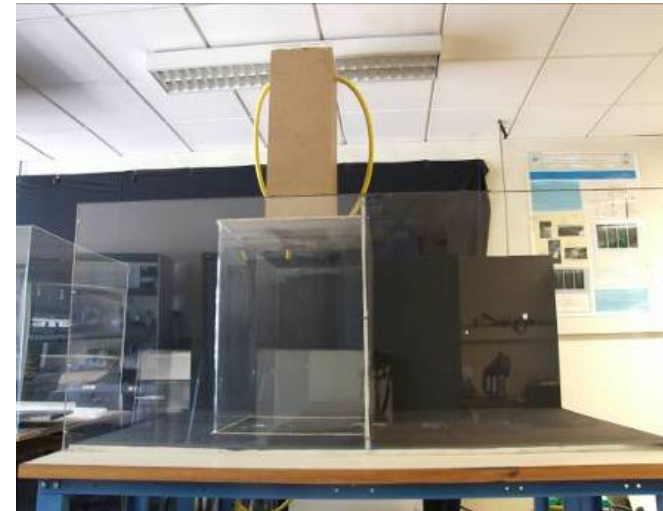
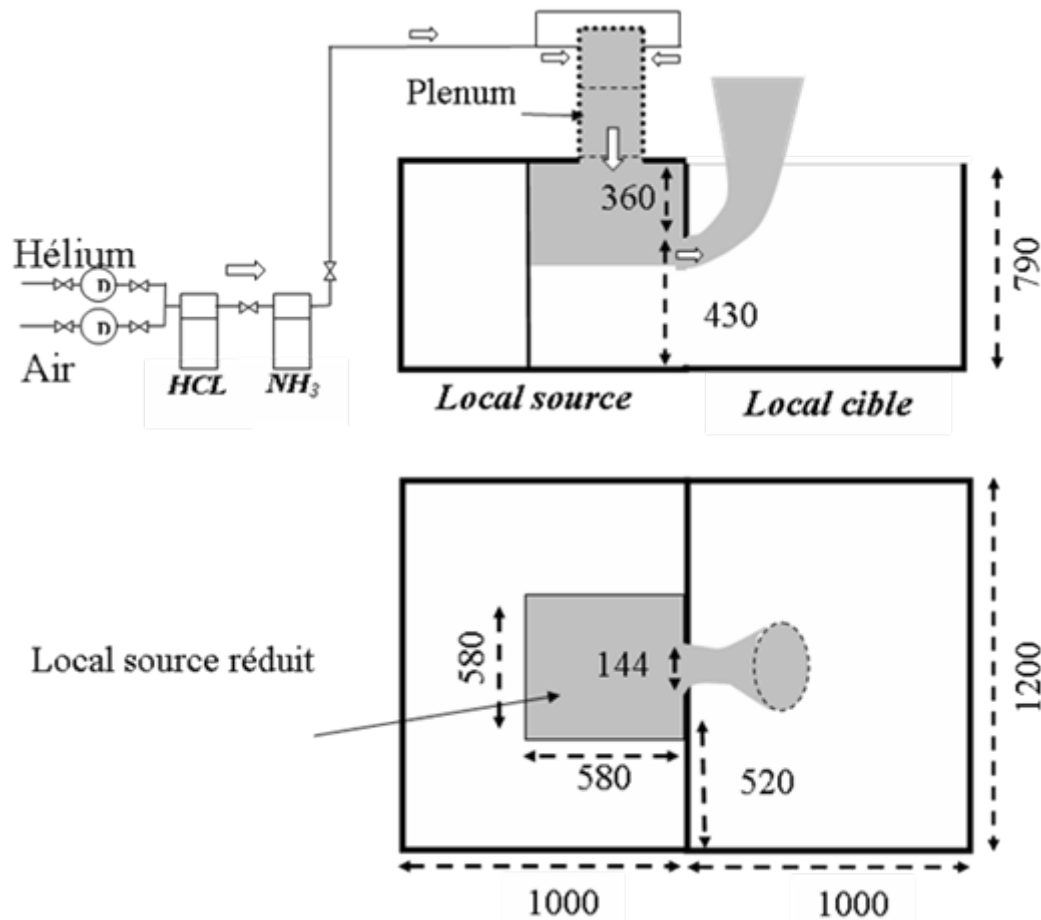
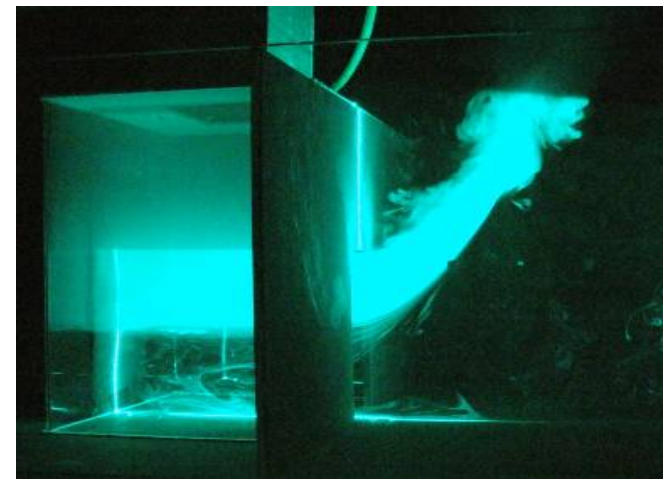
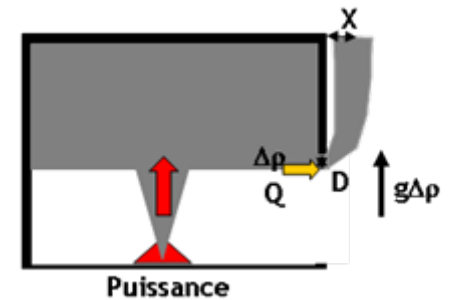
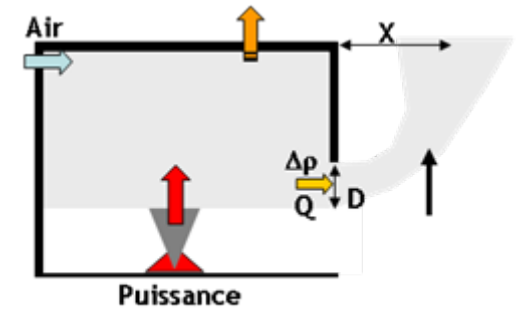
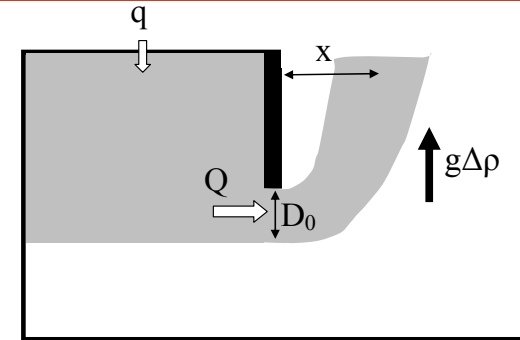
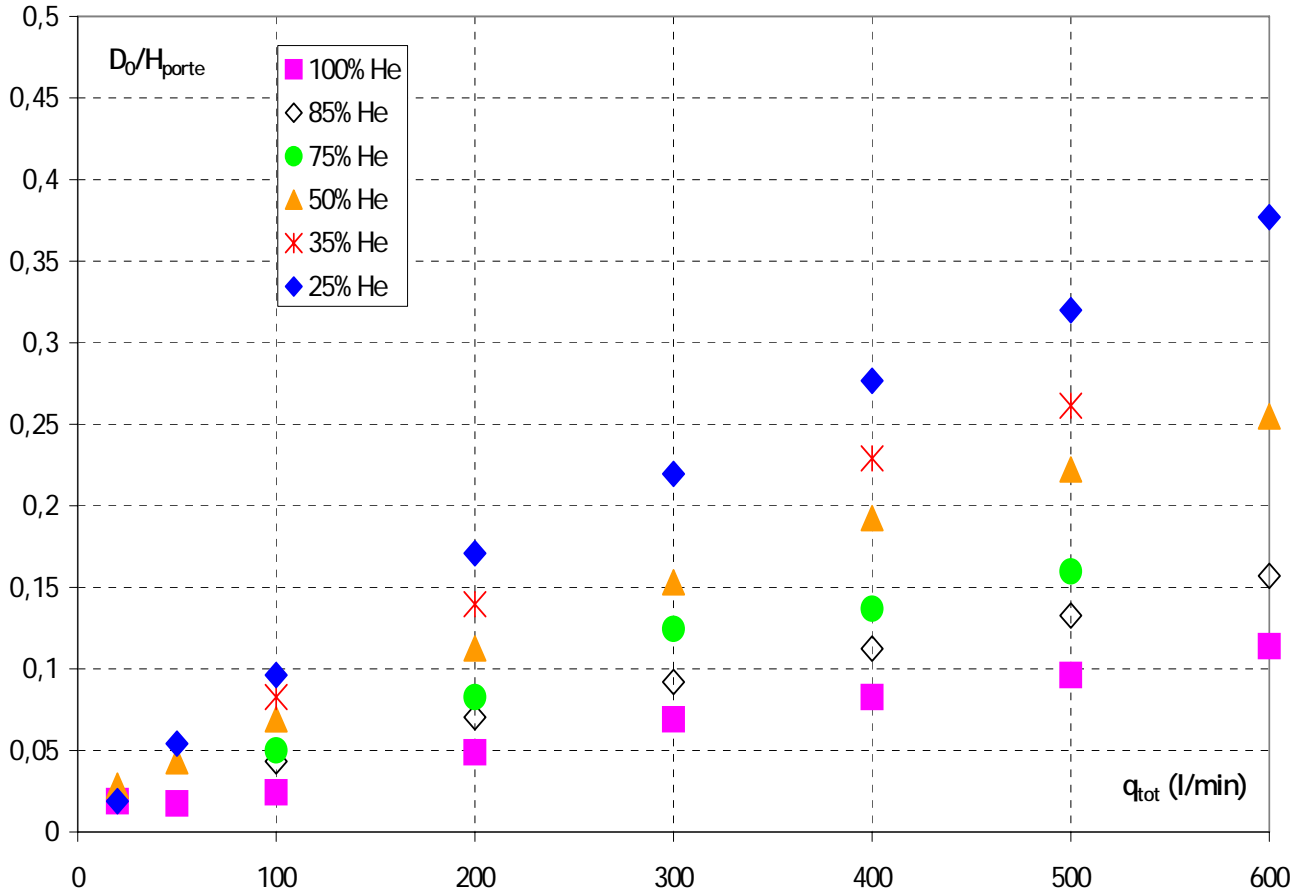


Photo du dispositif expérimental

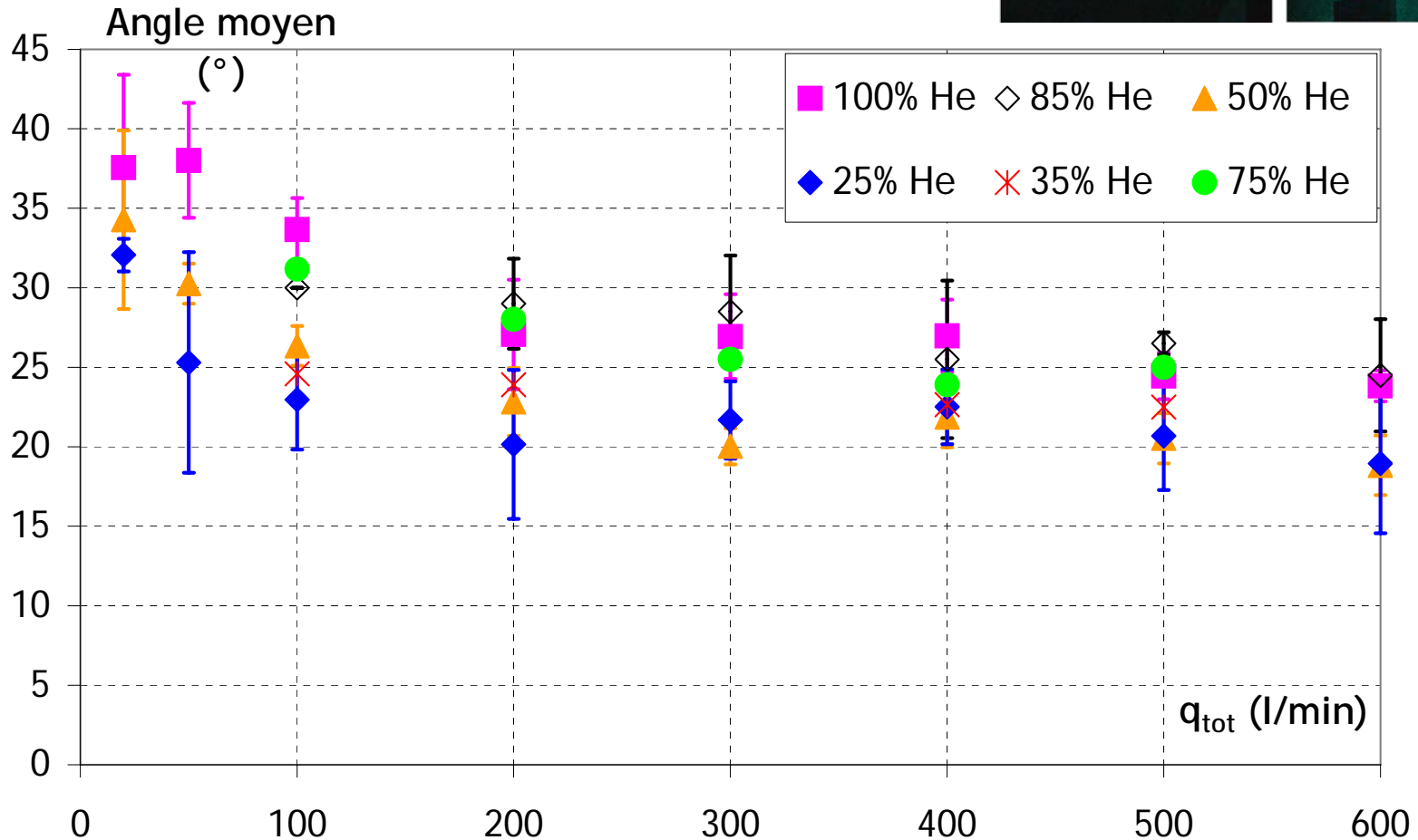
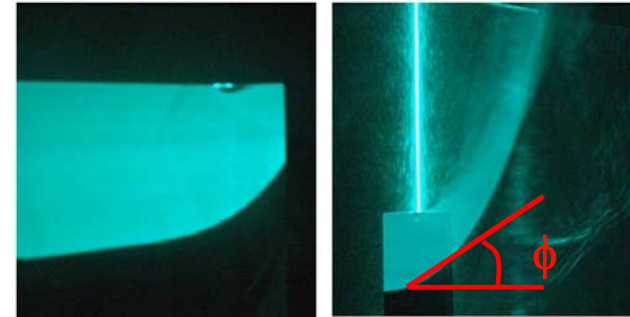


Visualisation d'un test

Étude de l'écoulement à la porte (1)



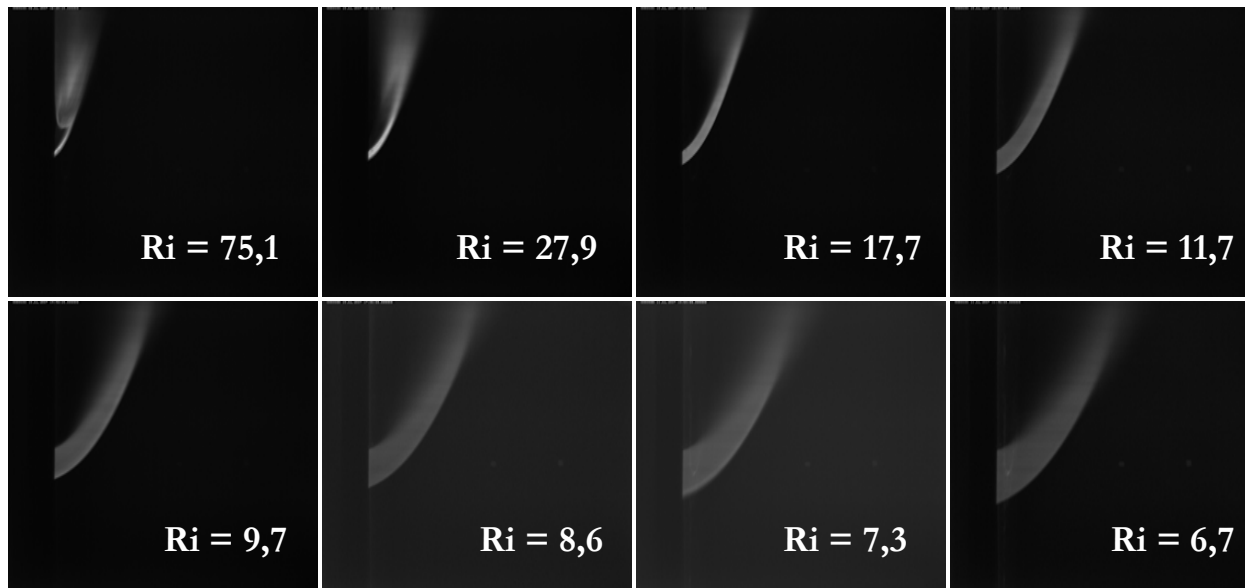
Étude de l'écoulement à la porte (2)



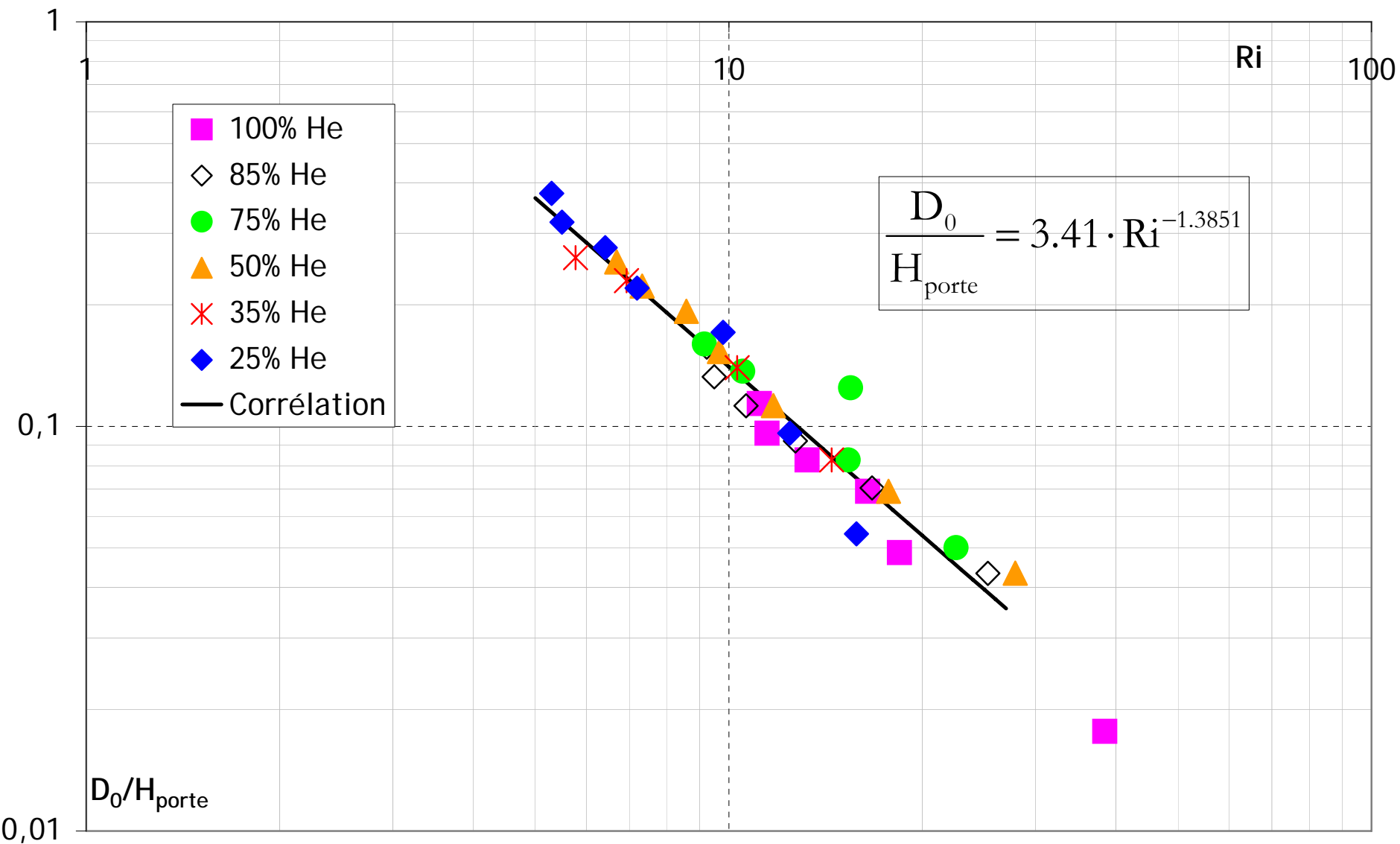
■ Lorsque le Richardson augmente

- Epaisseur initiale diminuée
- Portée de la trajectoire diminuée
- Angle initial augmente

$$Ri_{\text{porte}} = \frac{(\rho_{\infty} - \rho_{\text{Porte}}) g H_{\text{l'int}}}{\rho_{\text{Porte}} U_{\text{Porte}}^2}$$



Evolution qualitative de la morphologie du panache déversant en fonction de Ri pour ρ_{porte} fixée (50% d'air dans le mélange)



Conclusions

■ Utilisation de trois approches expérimentales différentes

■ Approche densimétrique maquette

- Découplage des mécanismes physiques existants
 - Description fine des phénomènes étudiés
 - Études paramétriques approfondies
- Large gamme d'étude dépassant le cadre incendie

■ Approche thermique maquette

- Recalage maquette densimétrique/maquette thermique
- Étude spécifique liée à la combustion en milieu sous ventilé
- Mise en place de métrologie laser (tomographie, PIV, LDV) dans des conditions incendie

■ Approche réelle incendie

- Réalisation d'un essai « intégral »
- Mise en place de visualisations par tomographie laser

Les lois de similitude

- Utilisation des équations de conservation: Panache axisymétrique se développant dans un environnement au repos

- Force de flottabilité ≡ seule force pilotant les mouvements de fumées

- Pas de flamme, pas de rayonnement, pas de pertes thermiques aux parois (Évaluation des écarts dus à la similitude restreinte: approches complémentaires à d'autres échelles)

- Combinaison des équations de conservation de quantité de mouvement et du flux convectif

$$\left\downarrow \rightarrow \frac{d}{dz^*} (U^{*2} b^{*2}) = \left(\frac{\Delta \rho_i}{\rho_0} \right) \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_0} \right)^* b^{*2} \left(\frac{gL}{U^2} + U^* \frac{dU^*}{dz^*} \right)$$

- Conservation du nombre de Froude

- Conservation de l'écart de densité

Grandeurs	Masse volumique	Longueur	Temps	Vitesse	Débit	Puissance
Rapport	α^0	α	$\alpha^{1/2}$	$\alpha^{1/2}$	$\alpha^{5/2}$	$\alpha^{5/2}$