

Etude expérimentale des mouvements de fumées dans une gare souterraine sous l'influence d'une ventilation mécanique

Définition d'un critère d'efficacité

Présentation pour le GDR Feux Corte – 27/06/2014

Giachetti Bastien

D. Couton ; F. Plourde

G. Clopeau ; J. Hassanaly

Plan de la présentation

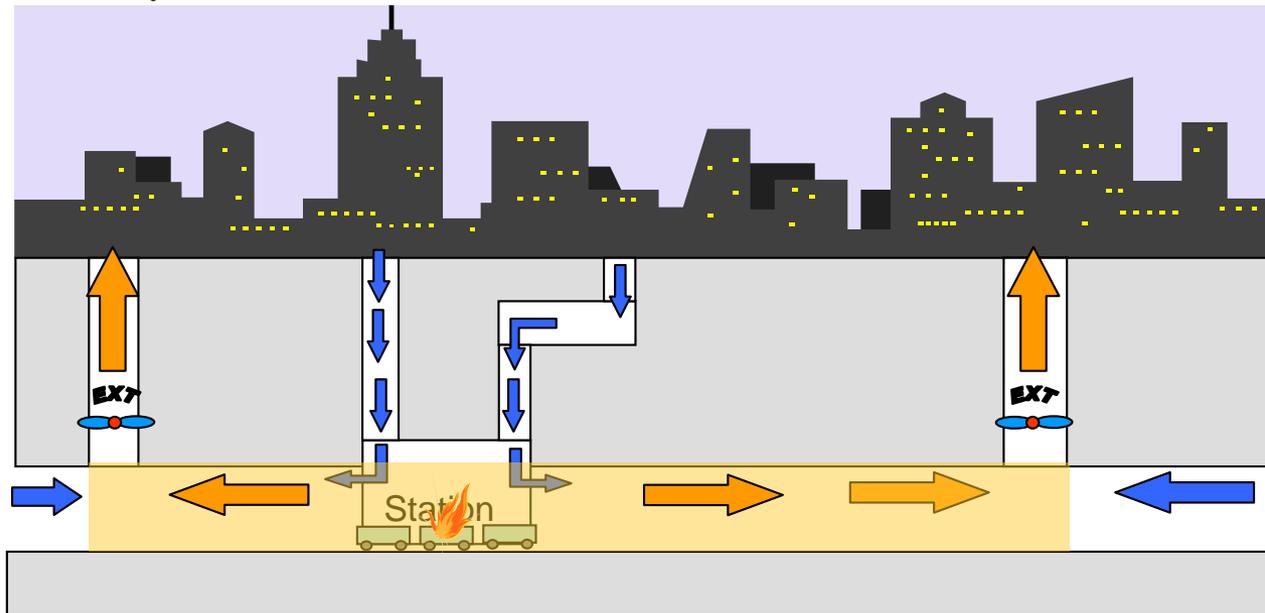
1. Contexte de l'étude et objectifs de la thèse
2. Modélisation par similitude de Froude – Maquette RATP (brûleur)
3. Modélisation par flux de quantité de mouvement – Maquette COMETH (jet chaud)
4. Comparaison des maquettes
5. Conclusion et perspectives

Contexte du projet - généralités

- Politique de la sécurité incendie ancrée à la RATP depuis 1900
 - Dans les infrastructures
 - Sur le matériel roulant – notamment les pneumatiques (lignes 1-4-6-11-14)
- Objectif du désenfumage en station : maintenir praticables les cheminements destinés à l'évacuation du public
 - Assurer le renouvellement d'air sur les quais par ventilation forcée
 - Mettre en dépression le volume des quais
- Thèses et projets numériques et expérimentaux sur les incendies de matériel roulant dans les tunnels dont 2 thèses CIFRE RATP/Institut P'
 - P. Deberteix : Etude thermoaéraulique des écoulements en conduite ventilée en présence d'une source de chaleur - Application à la propagation des fumées d'incendie en tunnel
 - S. Gaillot : Etude thermoaéraulique des écoulements de fumées induits par un incendie dans un tunnel ventilé longitudinalement

Contexte du projet: incendie en station

- Evènement redouté : Incendie sur le matériel roulant pneumatique à quais
- Puissance du foyer : 7 MW



Principe de désenfumage RATP lors d'un incendie à quai

- Incendie à la station Simplon (04/08/05) → mise en évidence de remontée de fumée par les accès (effet thermosiphon)

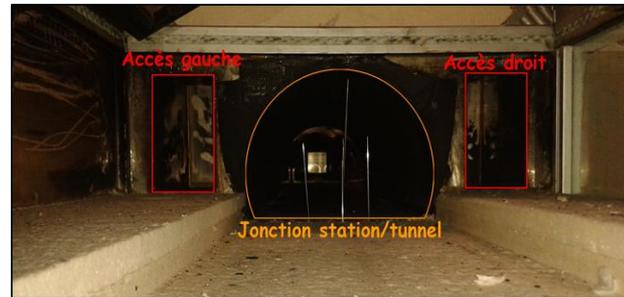
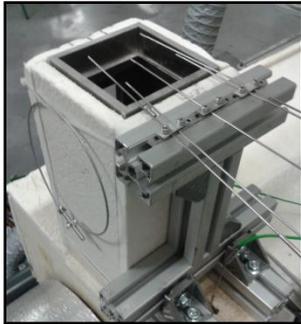
Objectifs de la thèse

- Etude de l'effet thermosiphon initié par l'incendie, dans la volume d'une station souterraine sous l'influence d'une ventilation mécanique
 - Comprendre les phénomènes physiques mis en jeu (aéraulique et thermique)
- Rechercher un critère (global et/ou local) assurant l'évacuation des usagers par les accès
 - Débit critique
 - Vitesse dans les accès
 - autre
- Approche expérimentale suivant 2 démarches

Maquette RATP

- Maquette existante au sein du laboratoire (depuis 2007)
 - Etude permettant de quantifier le comportement des fumées dans la station
- Basée sur la similitude de Froude
- Echelle 1 / 30^{ème}
- Utilisation d'un brûleur : Butane ou Air/Butane

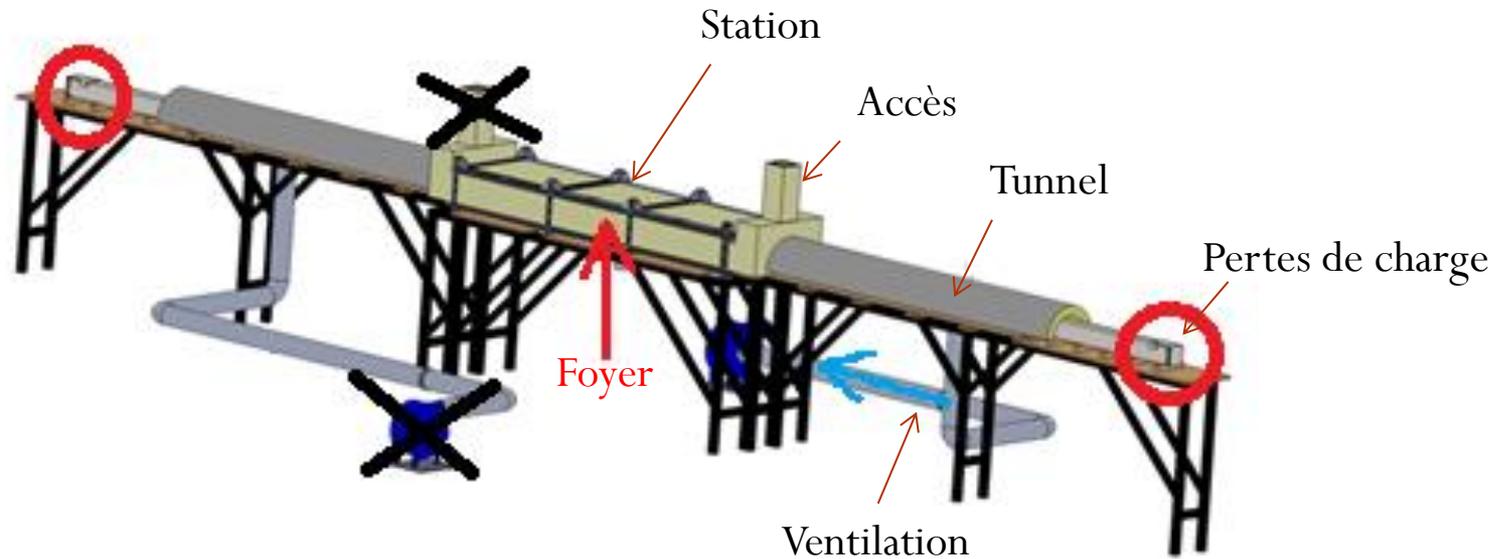
$$Fr = \frac{u^2}{g L}$$



10 m de long
0,6 m de large (sans canalisation)
0,6 m de haut

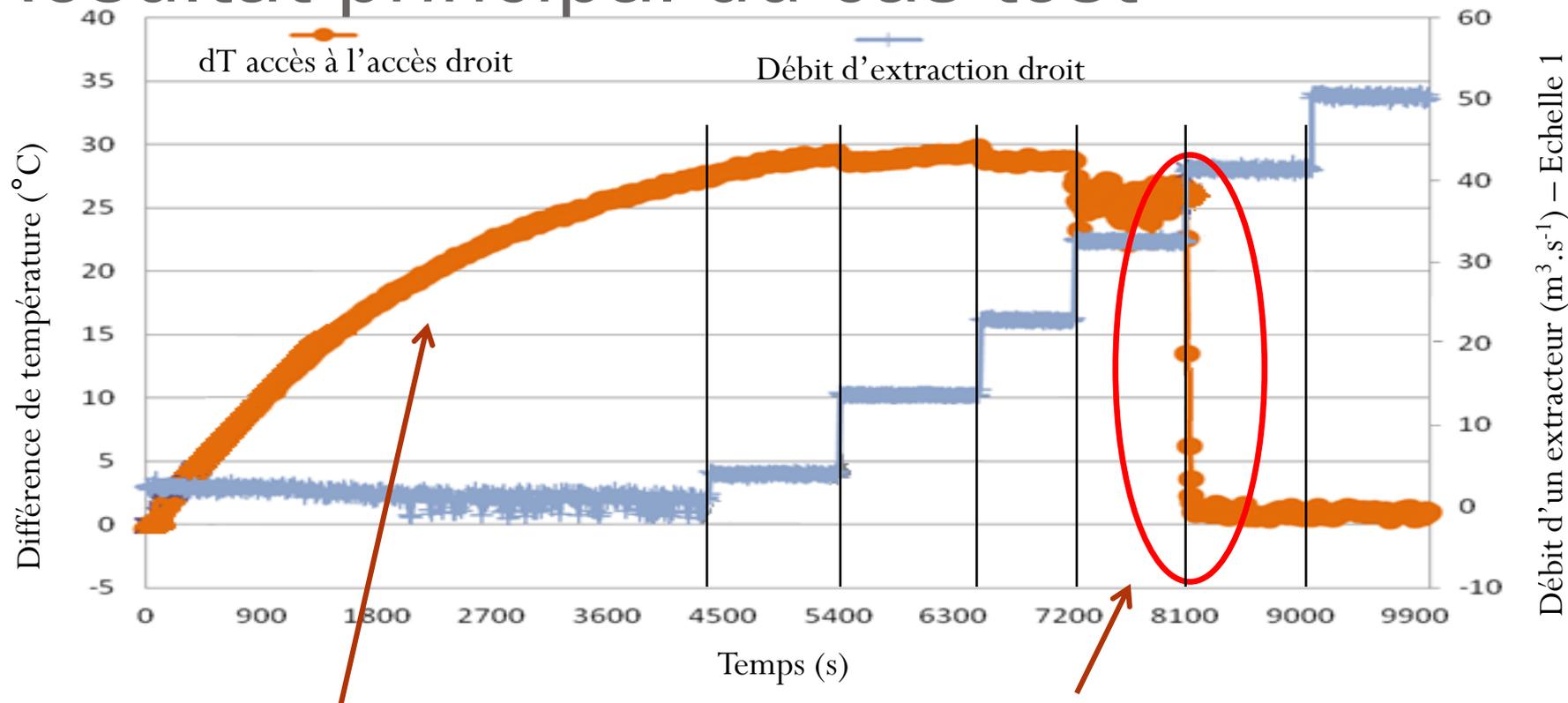
- Mesure de température dans les accès, la station, les tunnels et les conduits d'extraction (16 TC type K)
- Mesure de débit d'extraction par débitmètre à diaphragme (2)
- Mesure de vitesse par LDV dans les accès et les tunnels

Présentation d'un cas test



- Puissance du foyer 1100 W convectif (correspond à 7 MW – feu de pneu) : prémélange
- Présence d'un seul accès: côté droit
- Pertes de charge tunnel : côté gauche et côté droit
- Extraction côté droit avec augmentation du débit d'extraction par pas de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ (échelle 1) tous les $\frac{1}{4}$ d'heure

Résultat principal du cas test



- Mise en place de l'effet thermosiphon par l'accès dès le début de l'incendie

- Rupture nette de cet effet grâce au débit d'extraction lors du passage d'un débit ($33 \text{ m}^3/\text{s}$) au débit dit « critique » ($40 \text{ m}^3/\text{s}$)

Bilan des essais (20 scenarii)

- Jeux de paramètres :
 - Puissance du foyer (800 ; 1100 et 1400 W)
 - Nombre d'accès ouverts (1 ou 2)
 - Pertes de charge tunnel (1 ou 2)
 - Ventilation de désenfumage (extraction, double extraction, balayage)
 - Pas de temps d'incrémentation de débit (5 et 15 min)

Résultats majeurs:

- Toujours remontée d'air chaud dans les accès sous faible ventilation
- Toujours obtention d'un débit « critique » de disparition de l'effet thermosiphon dans les accès
- Pas d'observation d'écoulement co-courant dans les accès

Avantages / Inconvénients de la maquette RATP

Avantages	Inconvénients
Représentation d'une station réelle (1/30)	Complexité de la géométrie des accès
Incendie représentatif de la réalité (Puissance convective)	Pas de visualisation des écoulements internes
Identification des débits critiques d'extraction assurant le désenfumage	Pas de possibilité de mesure par technique laser
Approche thermique et dynamique aux entrées et sorties de la maquette	Pas de description interne des phénomènes physiques

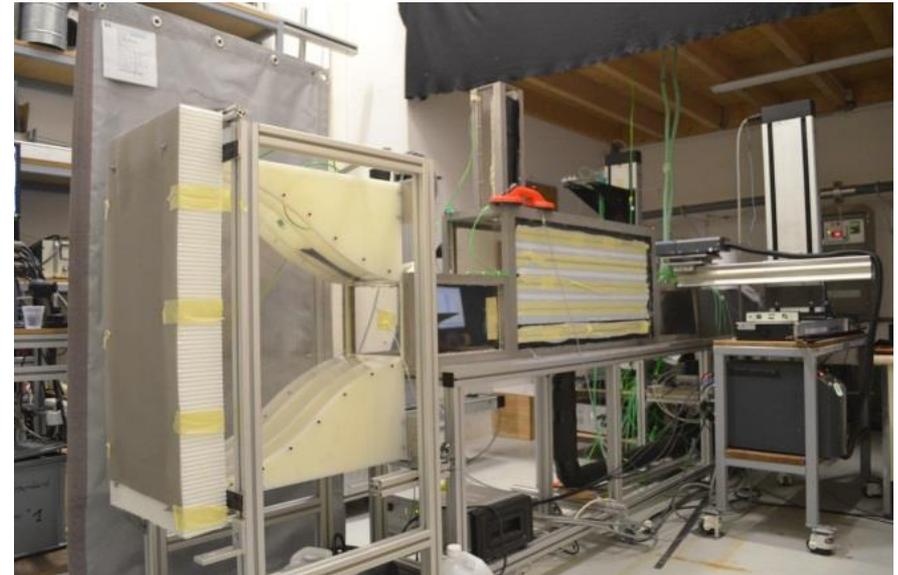
Maquette COMETH

- Maquette non existante initialement
- Basée sur le rapport des quantités de mouvement
- Echelle 1/23^{ème}
- Jet d'air chaud T_j (120°C)

$$r = \sqrt{\frac{\rho_j w_j^2}{\rho_\infty u_\infty^2}}$$



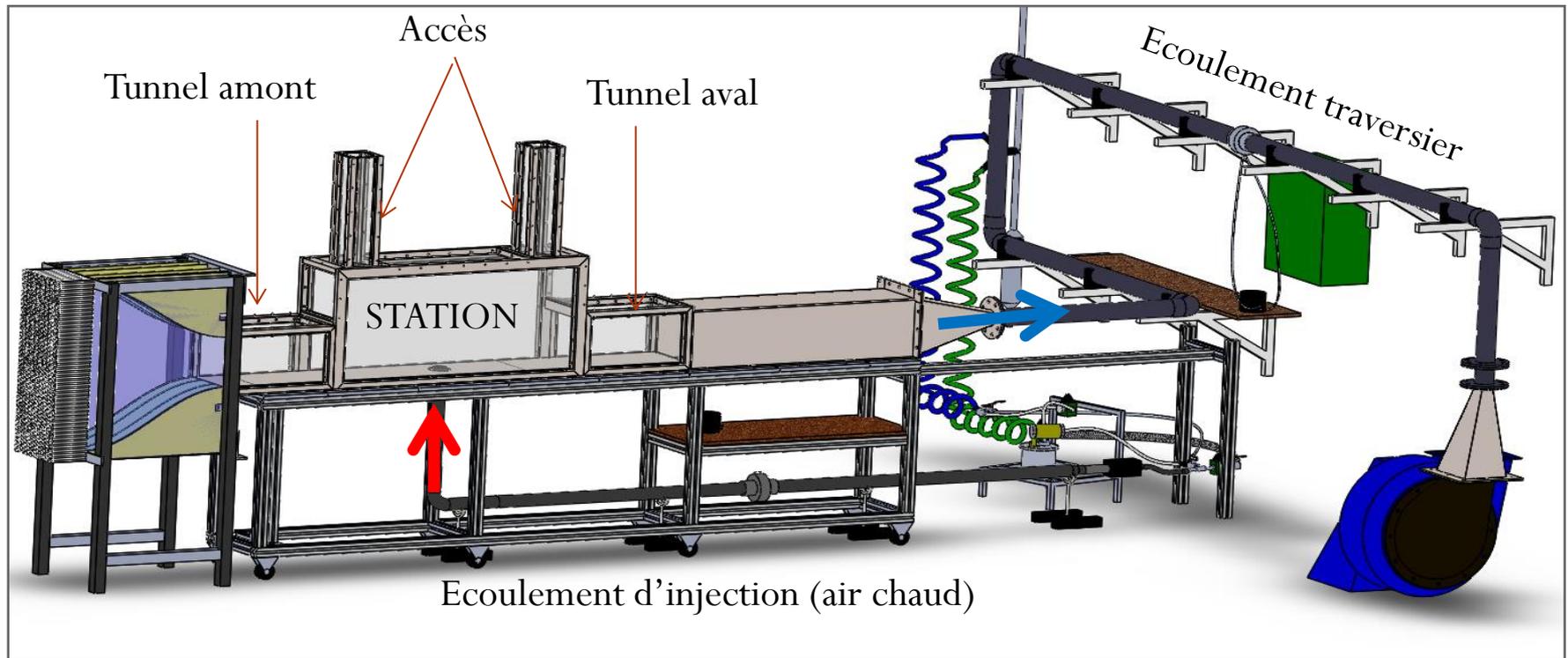
2,05 m de long
0,25 m de large
1 m de haut



- **OBJECTIFS**

- Comprendre les phénomènes physiques **internes**
- Quantifier les champs de vitesse ($U; W - U'; W'$)
- Accéder aux champs de température et de pression

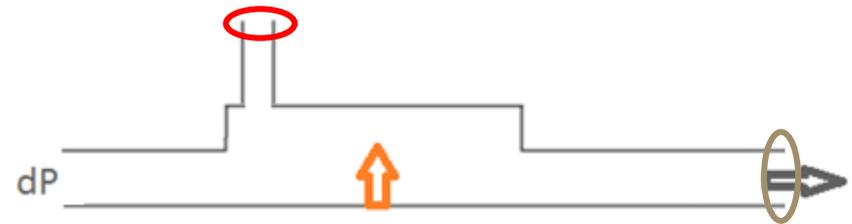
Présentation de COMETH



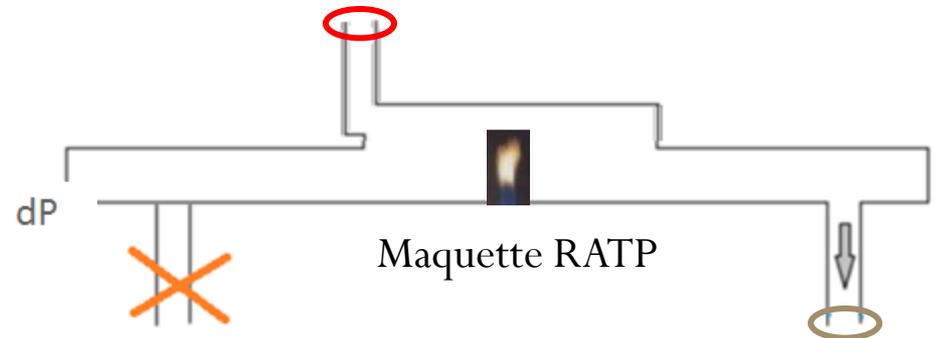
- PIV standard ou stéréo de fréquence 4Hz : mesure de vitesse
- Thermocouple type K pour le contrôle (injection, traversier, ambiant)
- Thermocouples fins pour balayer la station et les accès (12,7 μm)
- Diaphragmes : mesure des débits d'extraction et d'injection
- Micro-manomètre : mesure de différentielle de pression

Exemple : cas test de comparaison

- Définition de la configuration
 - Extraction unique
 - Evolution du débit par palier
 - Pertes de charge équivalentes
- Test sur les deux maquettes
 - Mesure de température
 - Mesure de vitesse
 - Mesure de débit



Maquette COMETH

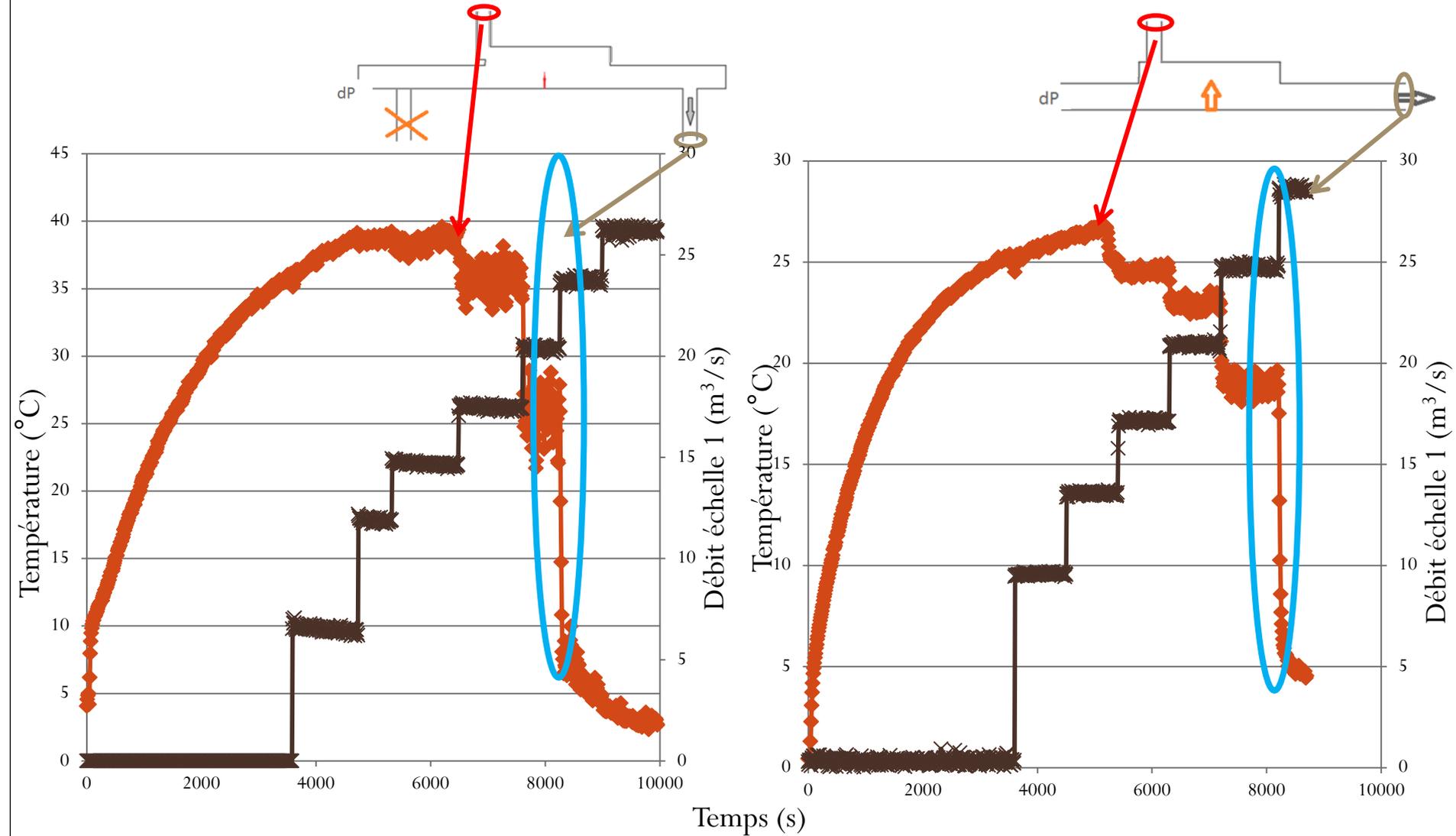


Maquette RATP

Mesure du débit et de la température d'extraction

Mesure de la température dans l'accès

Résultats maquette RATP/COMETH



Comparaison des débits critiques RATP/COMETH

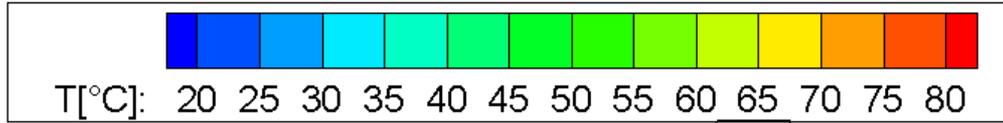
- Cas avec un seul accès du côté de l'extraction
- Cas avec un seul accès du côté opposé à l'extraction
- Cas avec les deux accès
- Les pertes de charge tunnel et la puissance du foyer sont identiques dans les 3 cas et équivalentes sur les deux maquettes

Débit critique - Échelle 1 (m ³ /s)			
Accès droit	24 / 28	X	8 / 20
Accès gauche	X	24 / 29	44 / 40

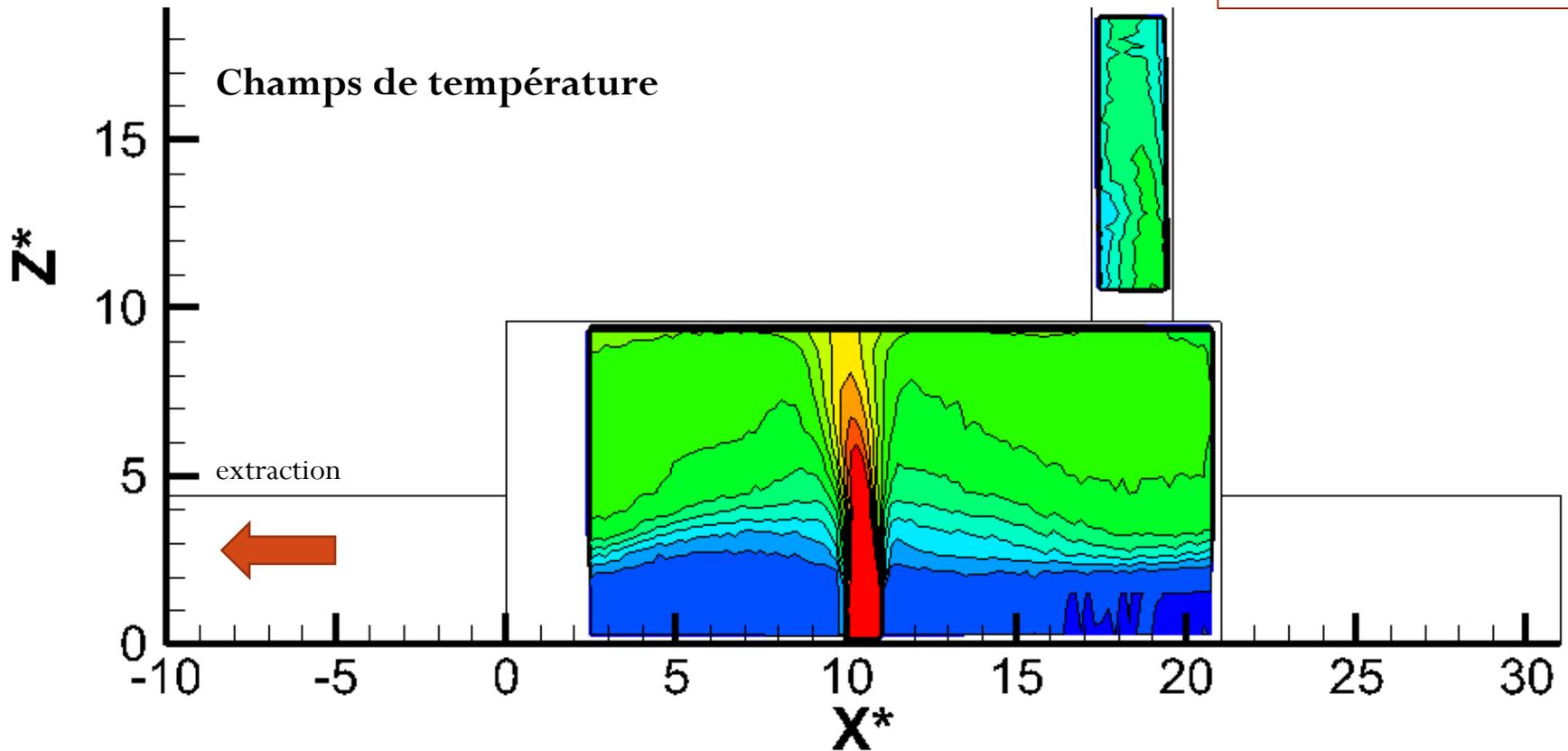
Maquette **RATP/COMETH**

Cohérence globale des débits « critiques »

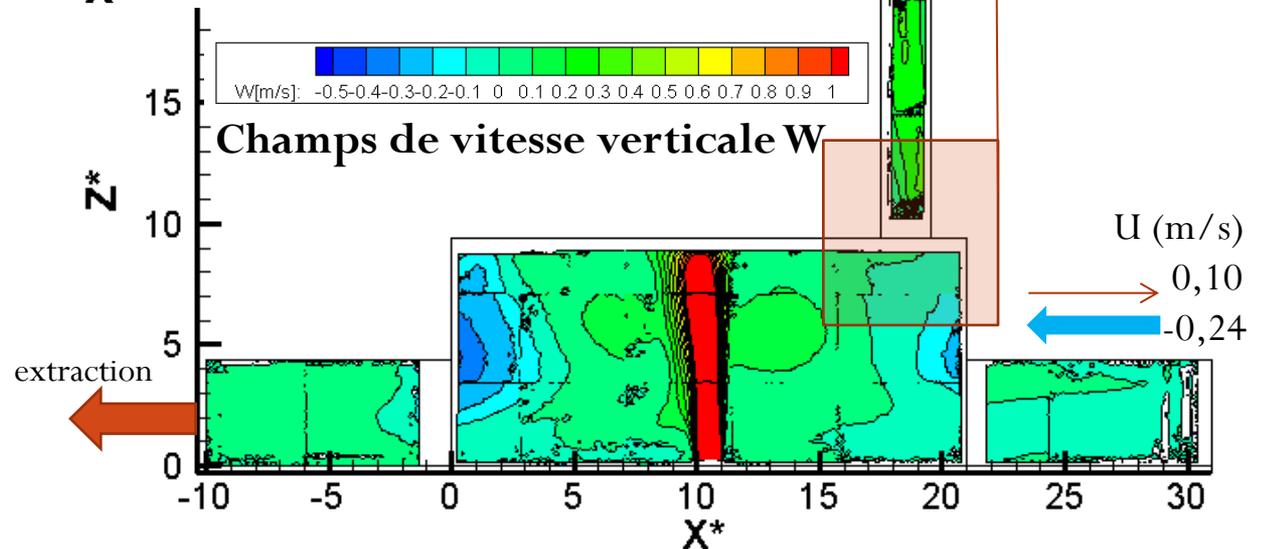
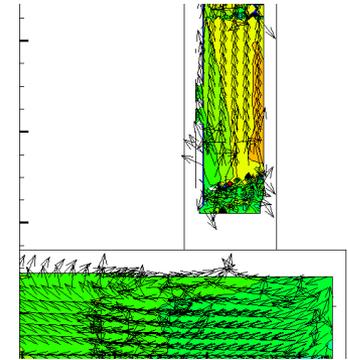
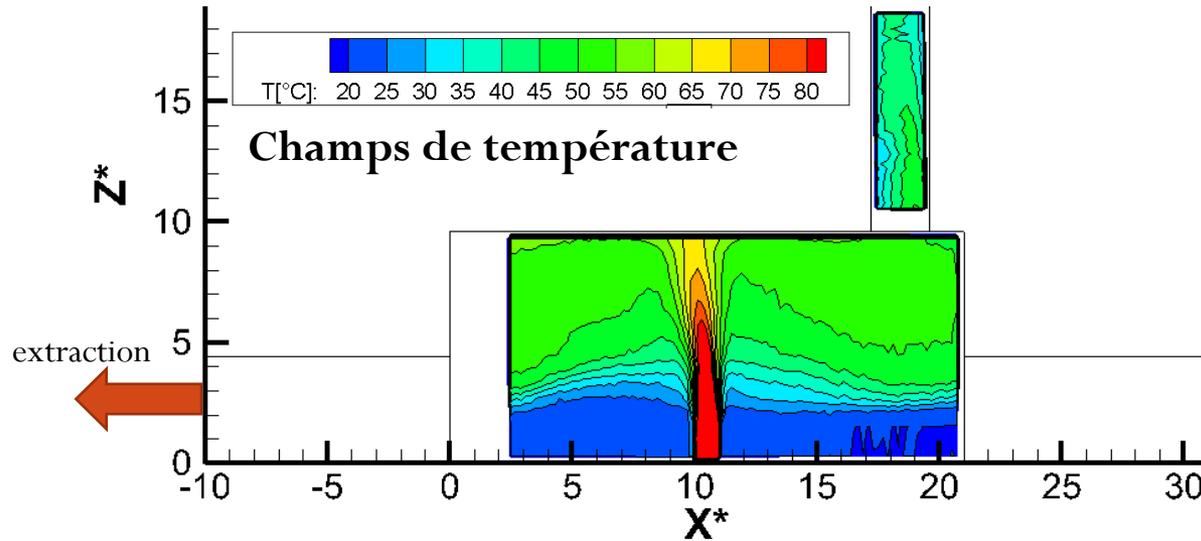
Débit 24 m³/s - effet thermosiphon



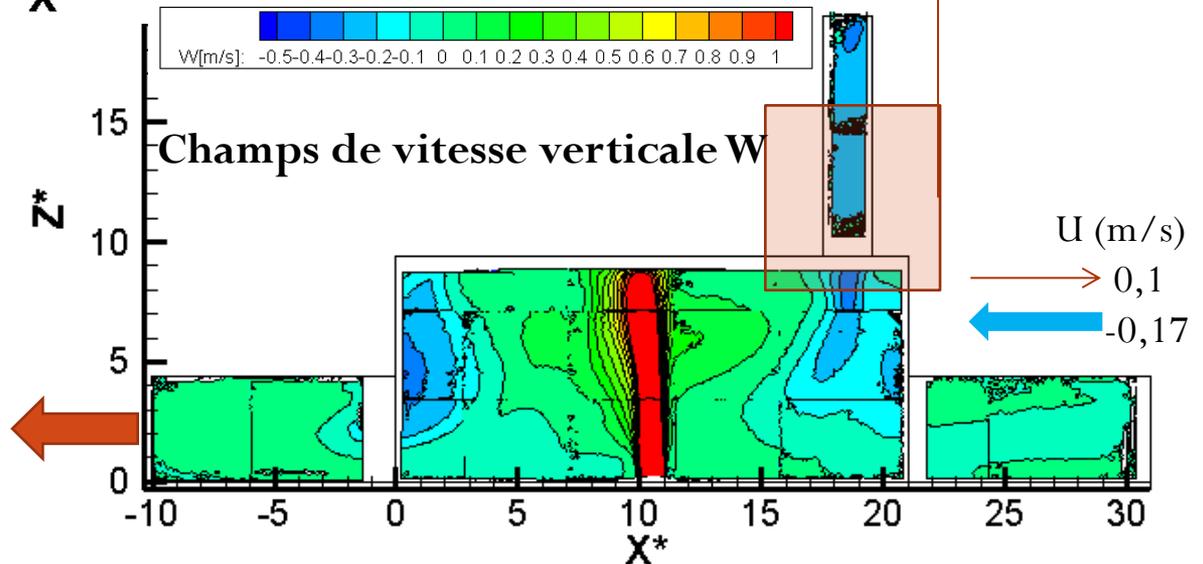
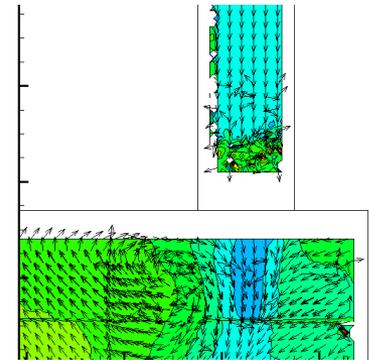
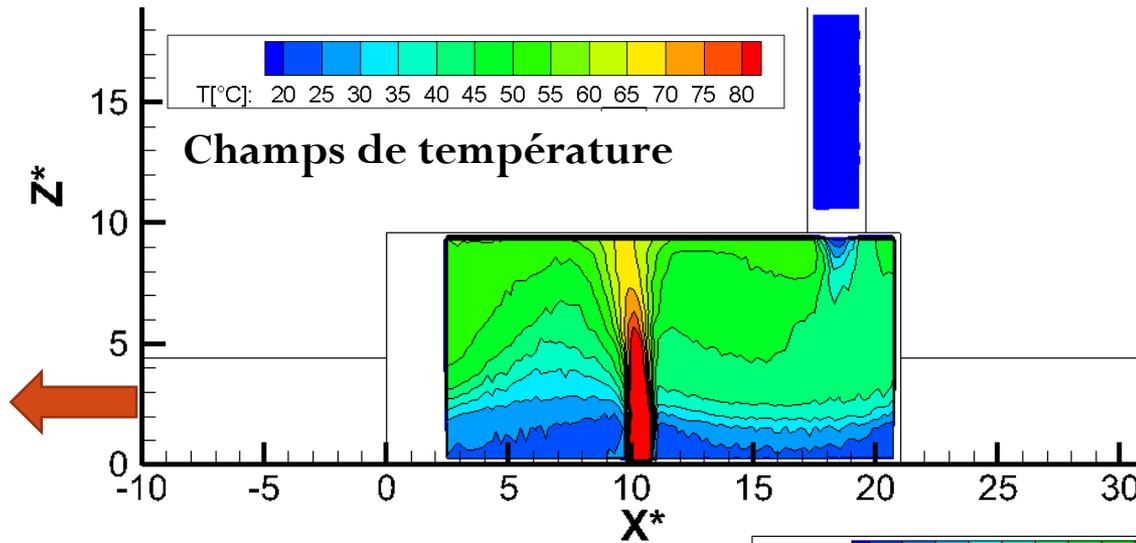
COMETH :
mesure dans le
plan médian



Débit 24 m³/s - effet thermosiphon



Débit 28 m³/s – plus d'effet thermosiphon



Conclusion

- Nombreux essais à paramètres variables
- Mise en exergue de l'effet thermosiphon dans les accès sous un certain seuil d'extraction
- Pas d'influence de la position de l'accès (gauche/amont ou droite/aval) sur le débit « critique »
- Mise en évidence d'un débit « critique » d'extraction conduisant à la suppression du de l'effet thermosiphon dans les accès
- Cohérence des résultats obtenus sur les deux maquettes RATP/COMETH – validant la simulation par jet d'air chaud

Perspectives

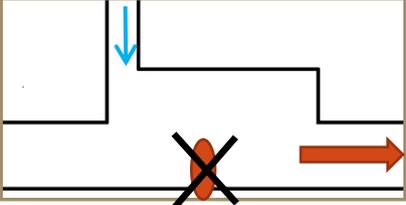
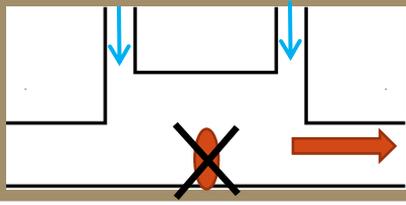
- Réaliser des essais complémentaires sur la maquette COMETH pour quantifier l'influence des paramètres dominants
- Identifier le ou les critère(s) de désenfumage
- Transposer ces résultats à la maquette RATP
- Test avec le brûleur dans la maquette COMETH

Merci de votre attention



Critère de désenfumage (à froid)

- Présentation des débits échelle 1 dans les accès
- Essais sans foyer aux débits critiques précédemment identifiés (avec foyer)

Débit accès m^3/s (échelle 1)		
Accès extraction	X	1,9 /
Accès opposé	10,5 / 11,7	11,9 /

Maquette **RATP** / **COMETH**

10 m^3/s échelle 1 correspond à des vitesses dans les accès d'environ 1,11 m/s (échelle 1)

12 m^3/s échelle 1 correspond à des vitesses dans les accès d'environ 1,33 m/s (échelle 1)