

Société des Grands Projets



Incendies dans un réseau complexe de galeries en phase de chantier.

Application au chantier du Grand Paris Express

Travaux numériques et expérimentaux

Equipe FEUX

Sous la direction de :
Pascal BOULET
Zoubir ACEM
Rabah MEHADDI

Encadrant SGP

Bertrand MASSELIN

Côme Leclerc



Grand Paris Express

- Extension d'une ligne (14)
- Création de 4 nouvelles lignes (15-18)
- 200 km de lignes de métro **autour** de Paris
- 68 gares





Collaborations préliminaires LEMTA/SGP

Les premiers chantiers étaient principalement des géométries de **tunnels borgnes**.

Puits de descente : construction du tunnelier

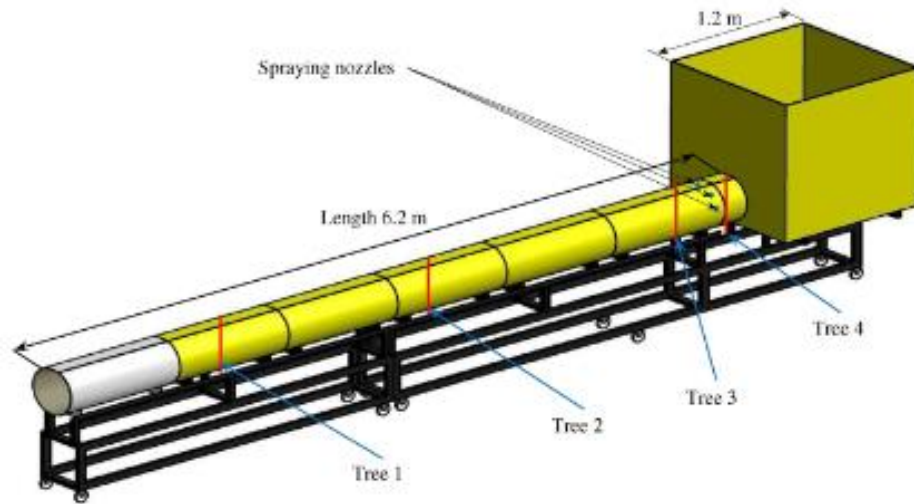


Tunnel fermé d'un côté (vers lequel le tunnelier creuse) dit **borgne**

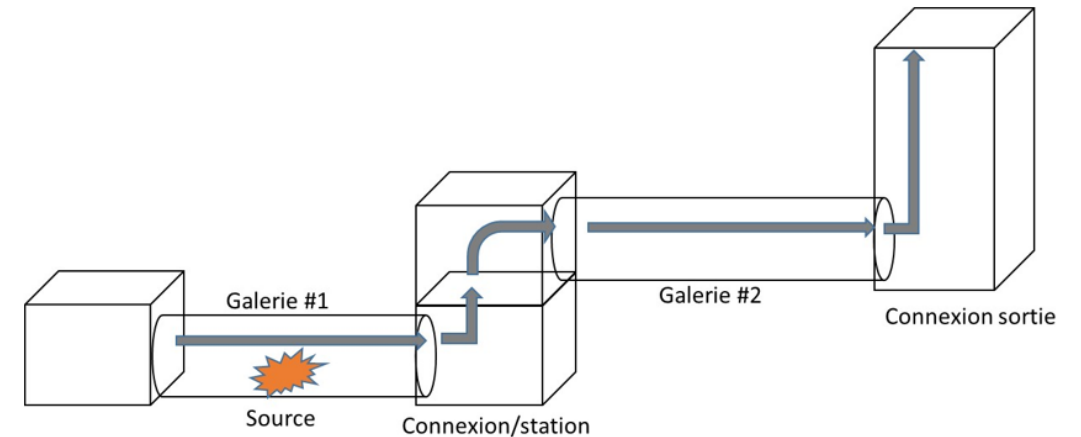


Contexte : spécificités des incendies

Tunnels borgnes



Connexions tunnels/gares



- Incendies soumis à des phénomènes de sous-oxygénation
- Ventilation naturelle due à l'absence ou à la coupure des systèmes de ventilation

Etude du cas simple du tunnel borgne



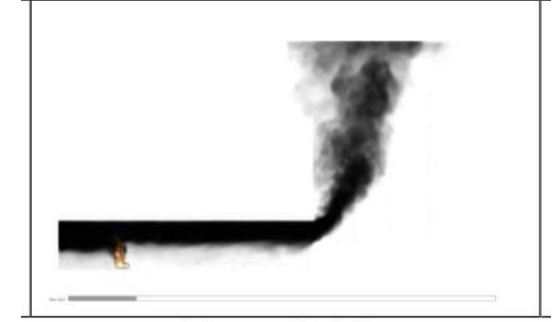
- Couche d'air libre de fumées d'environ 40 à 50 % de la hauteur du tunnel
- Panache de fumée qui s'écoule de manière perpendiculaire en sortie du tunnel

Influence du vent sur les fumées

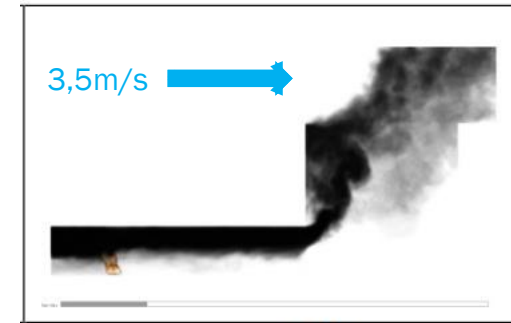
- On cherche à observer l'influence d'un vent transverse au puit de descente
 - Un vent transverse de 3 m/s est déclenché à partir de 150 s
- Les fumées retournent dans le puits de descente puis dans le tunnel



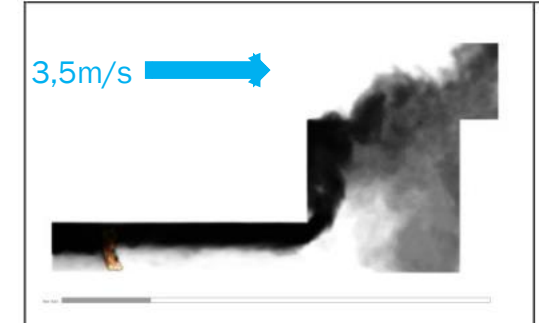
(a) $t = 7.3$ s



(b) $t = 124.5$ s



(c) $t = 158.4$ s



(d) $t = 163$ s

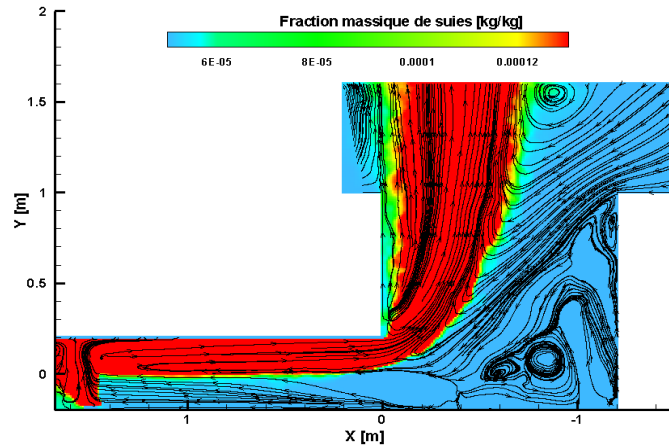


(e) $t = 169.4$ s

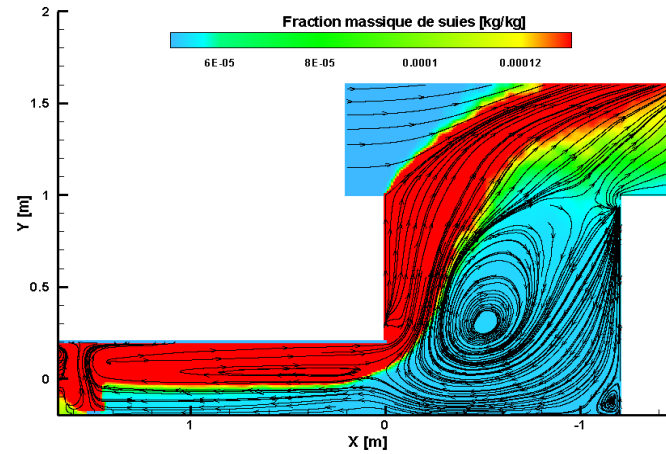


(f) $t = 303.1$ s

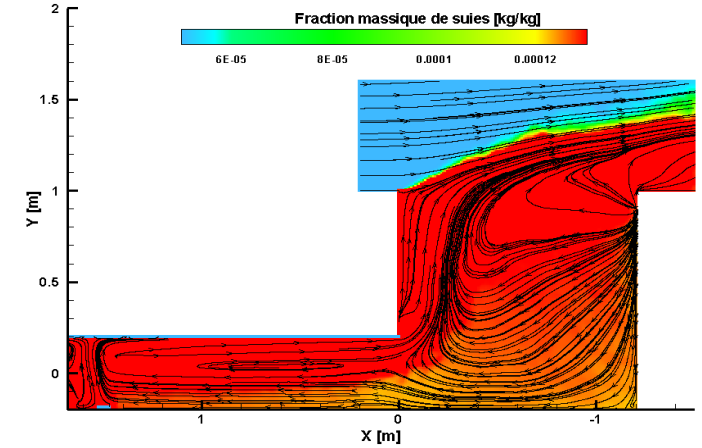
Influence du vent



Aucun vent transverse, pas de recirculation des fumées



Vent d'environ 2 m/s : premières recirculations



Vent d'environ 4,5 m/s : Zone de brassage et fumées qui retournent dans le tunnel

Conclusion de l'étude : Il existe une **vitesse critique d'environ 3 m/s** pour laquelle on a une forte zone de recirculation et une disparition de la couche d'air libre de bas du tunnel

Difficultés supplémentaires : Connexions et Inclinaisons

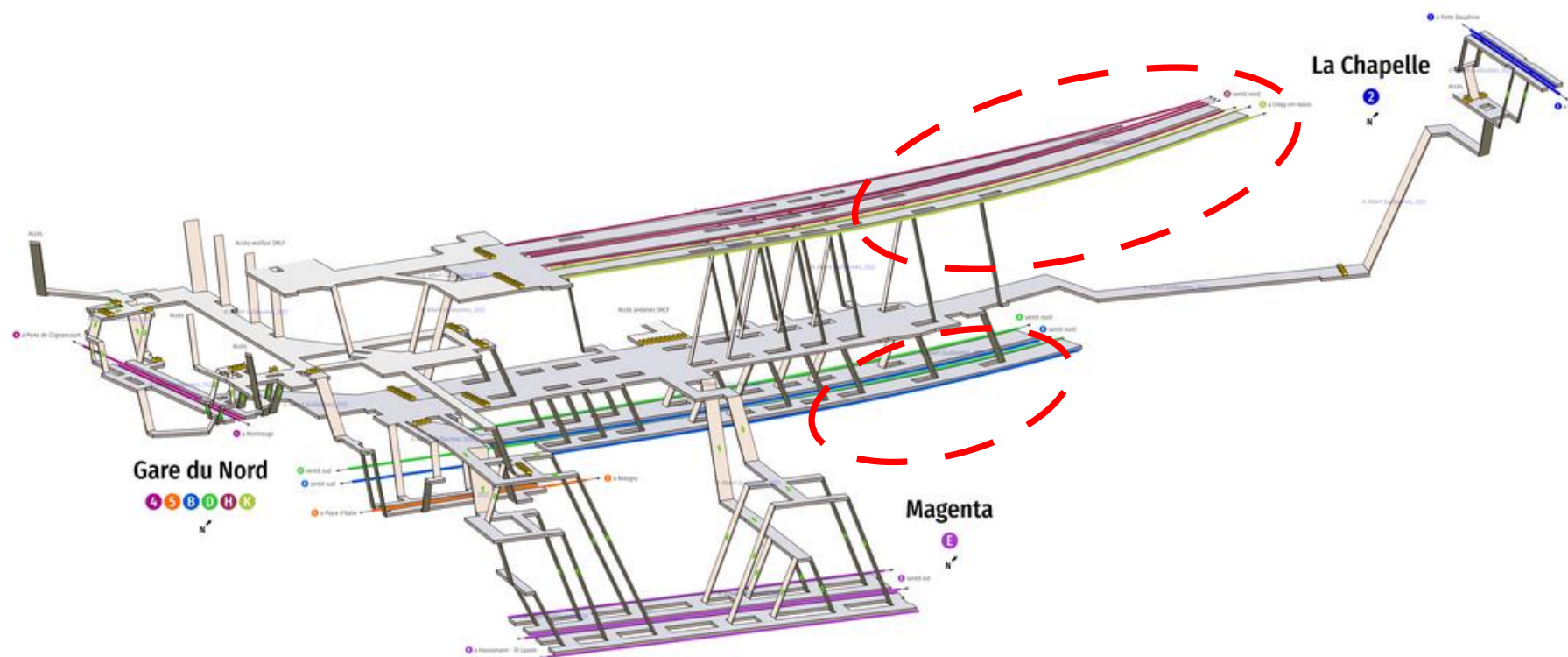
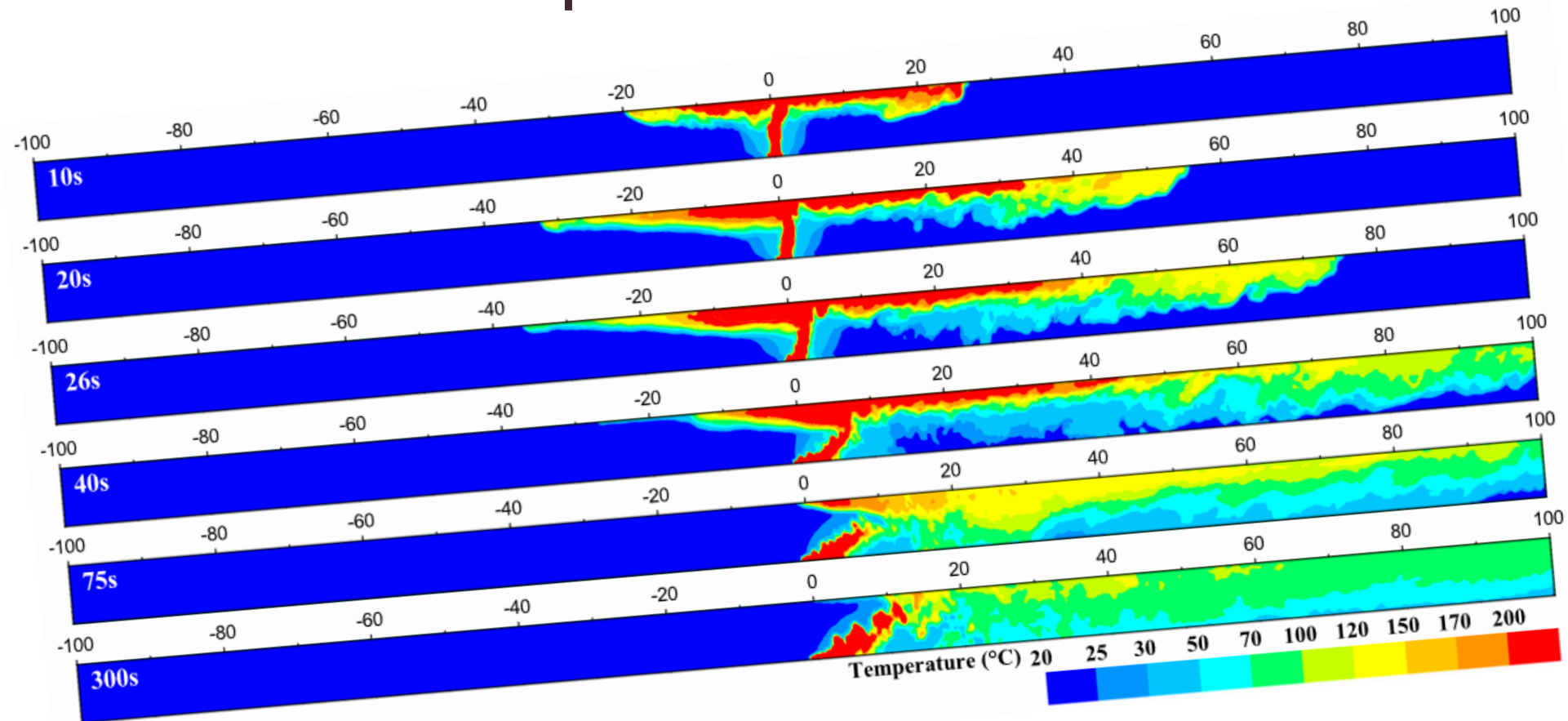
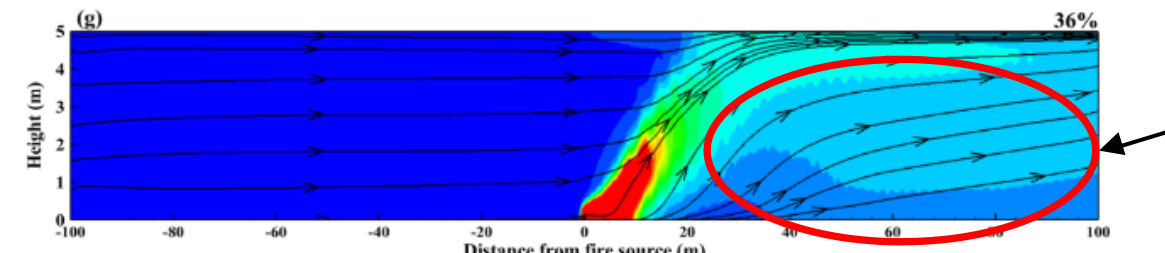
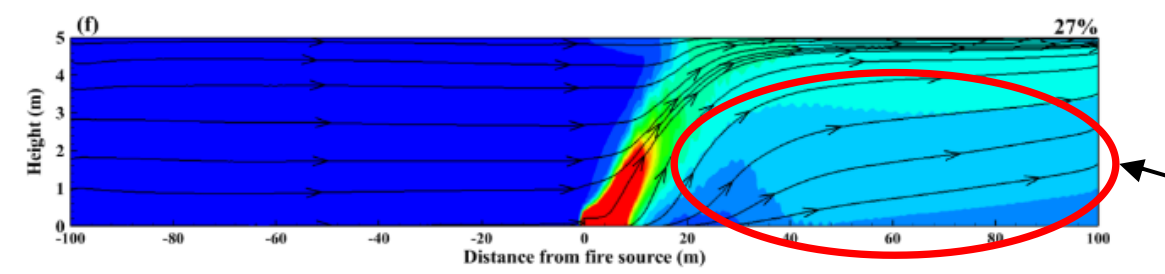
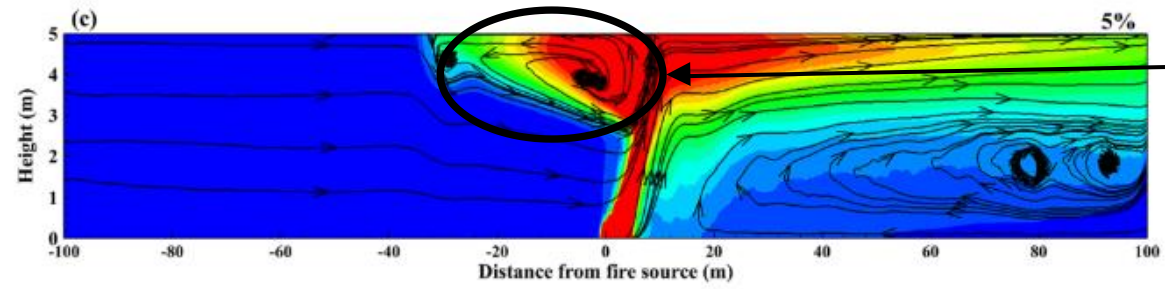
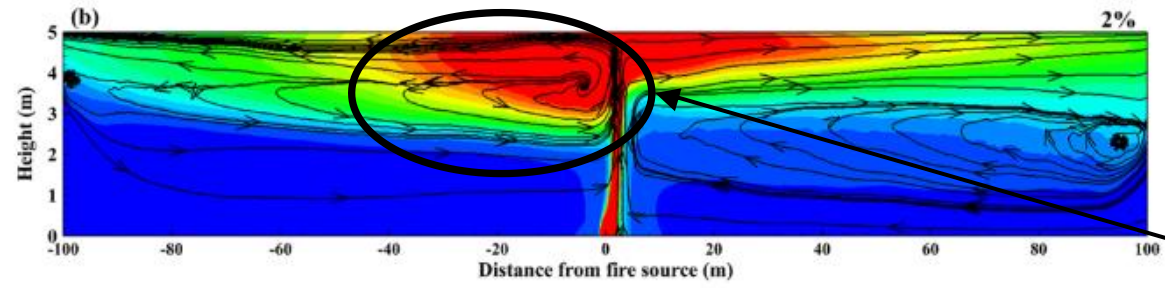
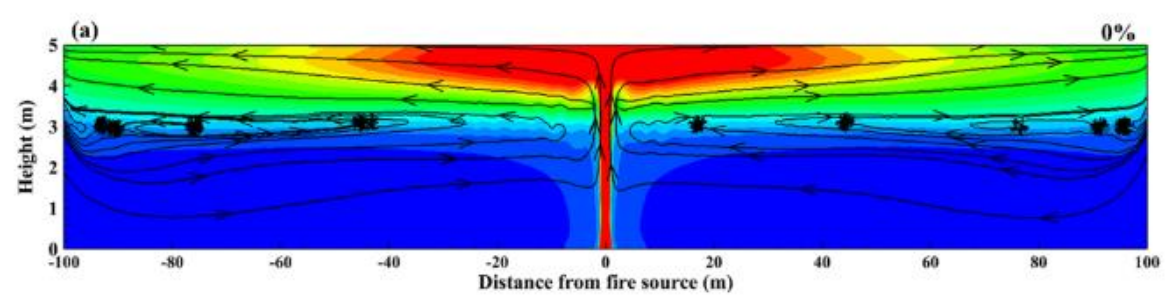
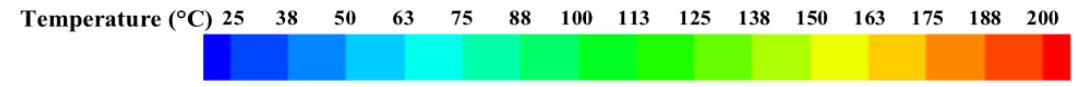


Illustration du « stack effect » pour une pente de 5°



Wang, Kai-hong, Xiao-xiang He, Ling Sun, Xue-jing Hu, Yin-liang Guo, et Pei-hong Zhang. « Numerical study on upstream smoke propagation and induced airflow velocity in a tilted channel under natural ventilation ». *Thermal Science and Engineering Progress* 46 (1 décembre 2023): 102228. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.102228>.

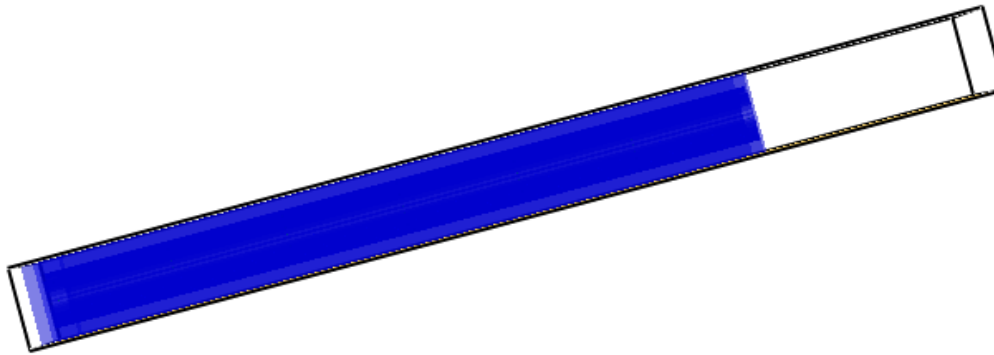
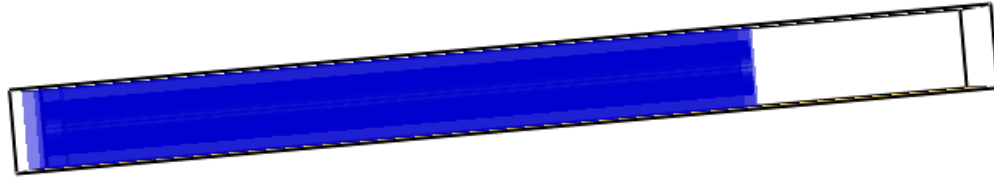
Stack effect pour différentes inclinaisons



Zone de forte recirculation créée dans la zone adjacente au foyer

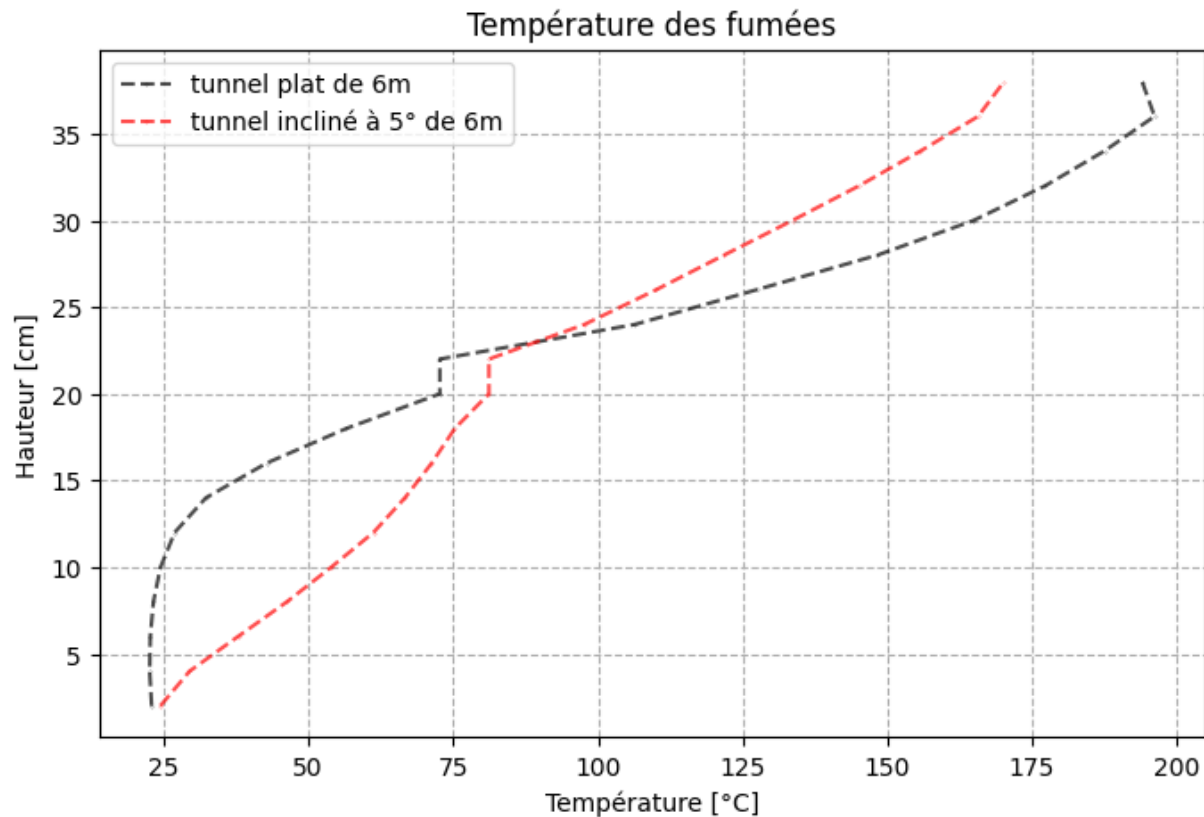
Perte de la stratification et des zones libres de fumées

Simulations numériques de l'inclinaison



- Tunnels de 6 m de long, sections carrées ou circulaires de 40 cm de diamètre ou côté environ
- Foyers de 10 kW
- Inclinaisons de 0 à 5°

Profils de températures en fonction de l'inclinaison (à 5 mètres)



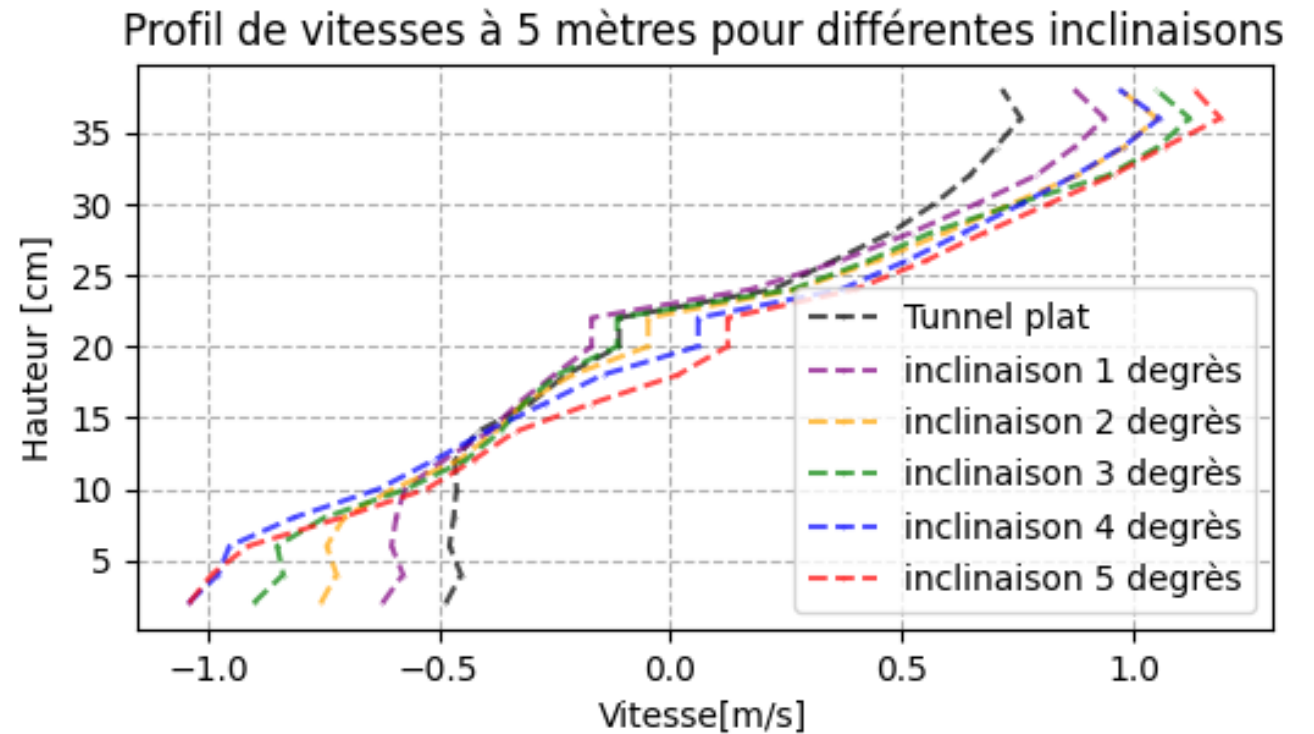
On peut observer :

- Les températures en haut de la section sont **plus élevées** dans le cadre du **tunnel plat**
- Il y a une **perte de stratification** marquée dans le cas du tunnel incliné

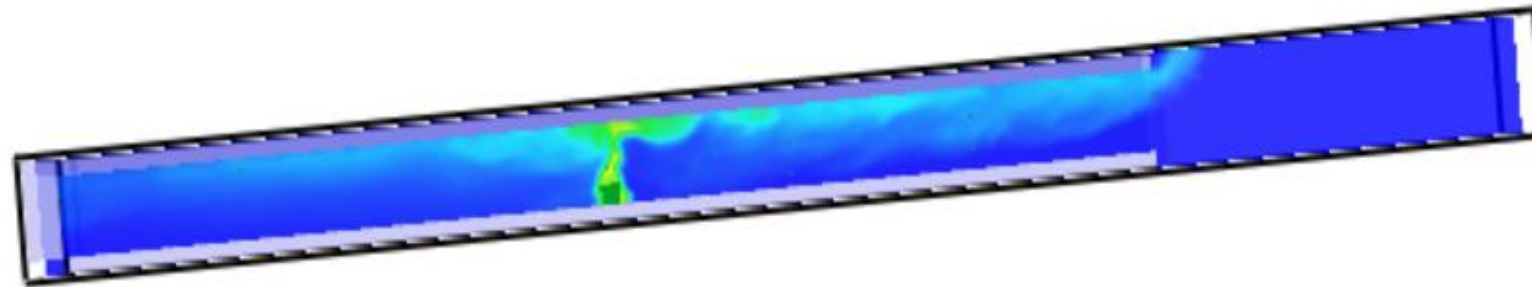
Profils de vitesses en fonction de l'inclinaison

La vitesse des fumées augmente avec l'inclinaison du tunnel (ici de 0 à 5°)

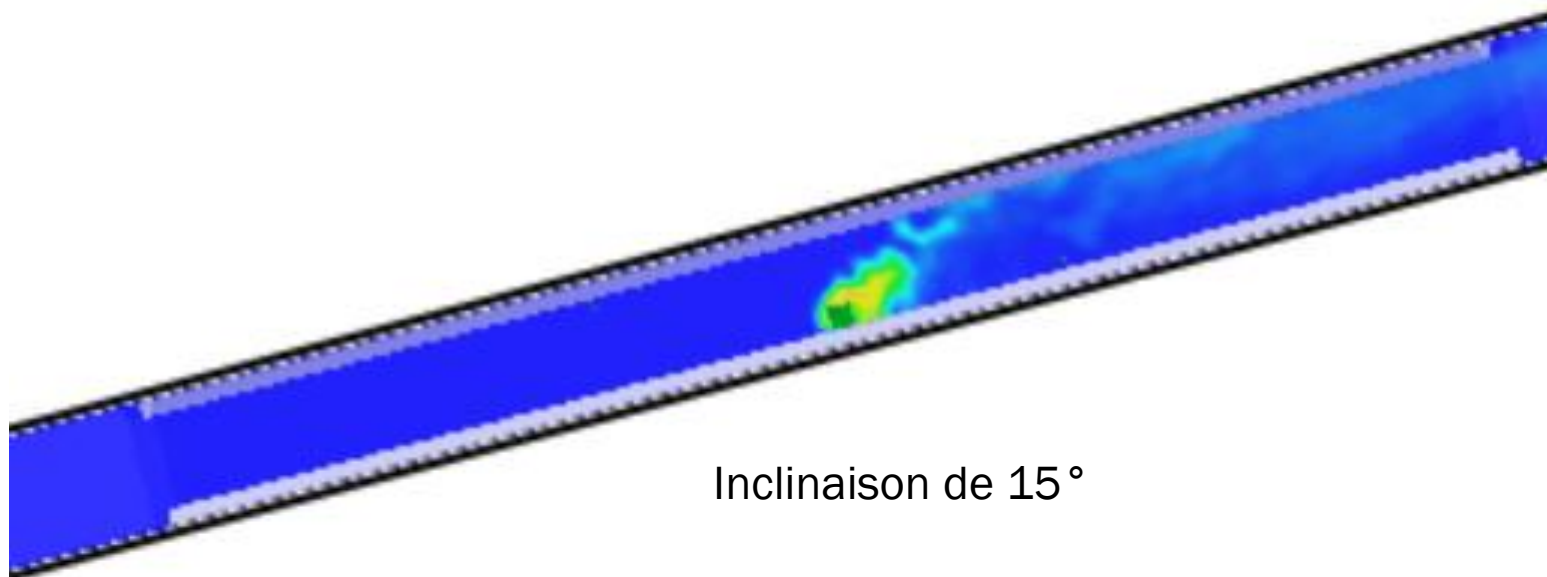
Cela entraîne donc une baisse de la température liée à la vitesse plus haute qui évacue les fumées chaudes plus rapidement



Comparaison de la stratification des fumées en fonction de l'inclinaison des tunnels



Inclinaison de 5°

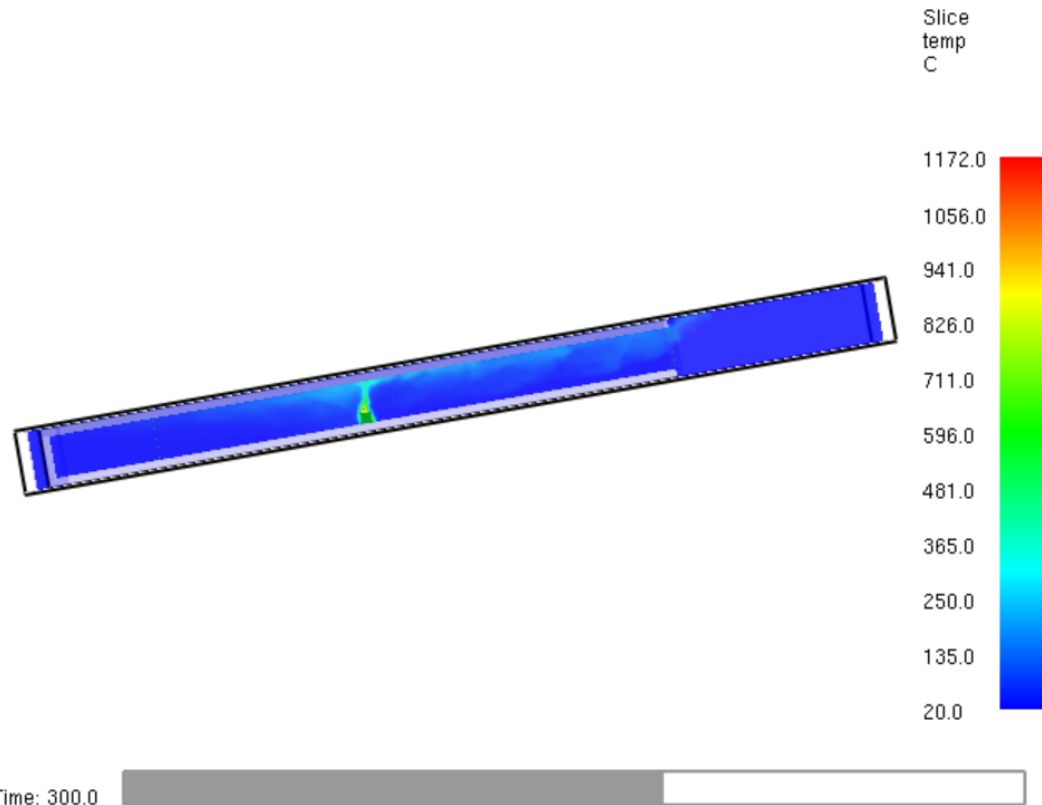


Inclinaison de 15°

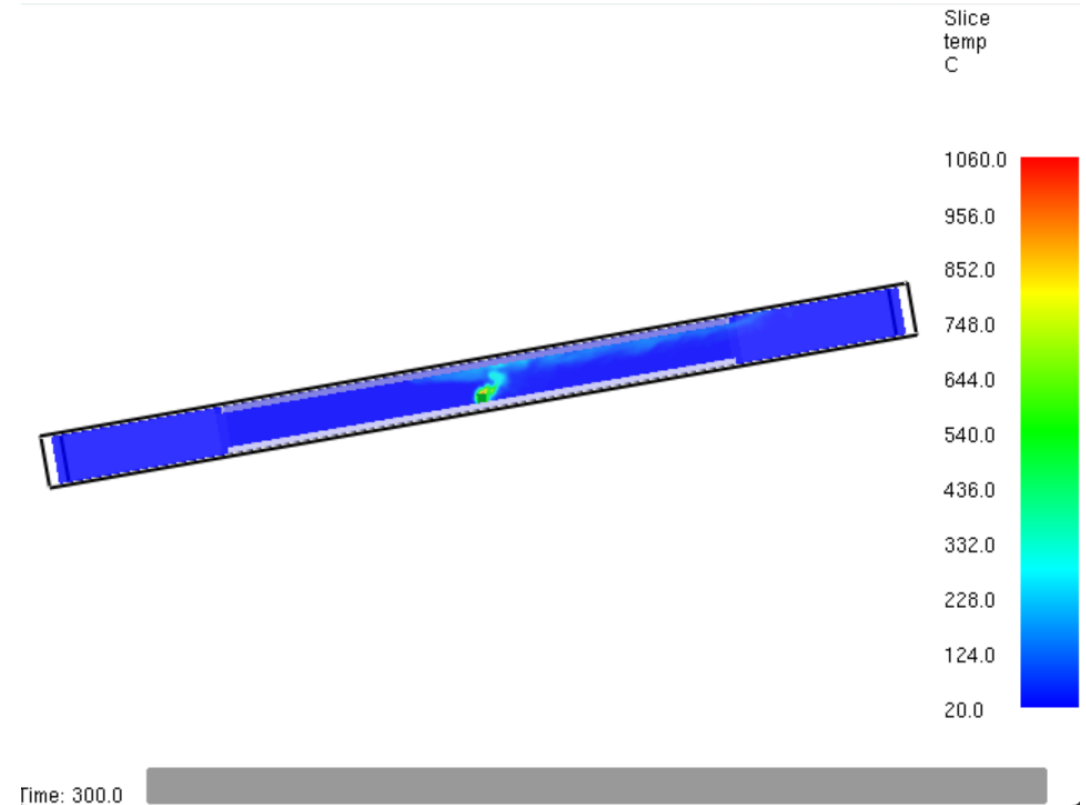
- Perte de la stratification dès l'inclinaison à 5°
- Reste environ 25 à 30% de couche d'air libre en bas de la section
- Perte totale de la stratification dans le cadre d'une telle inclinaison
- Fumées plus « diluées », froides, cf vitesse accrue liée à l'inclinaison

Comparaison des tunnels borgnes et ouvert des deux côtés

Tunnel borgne

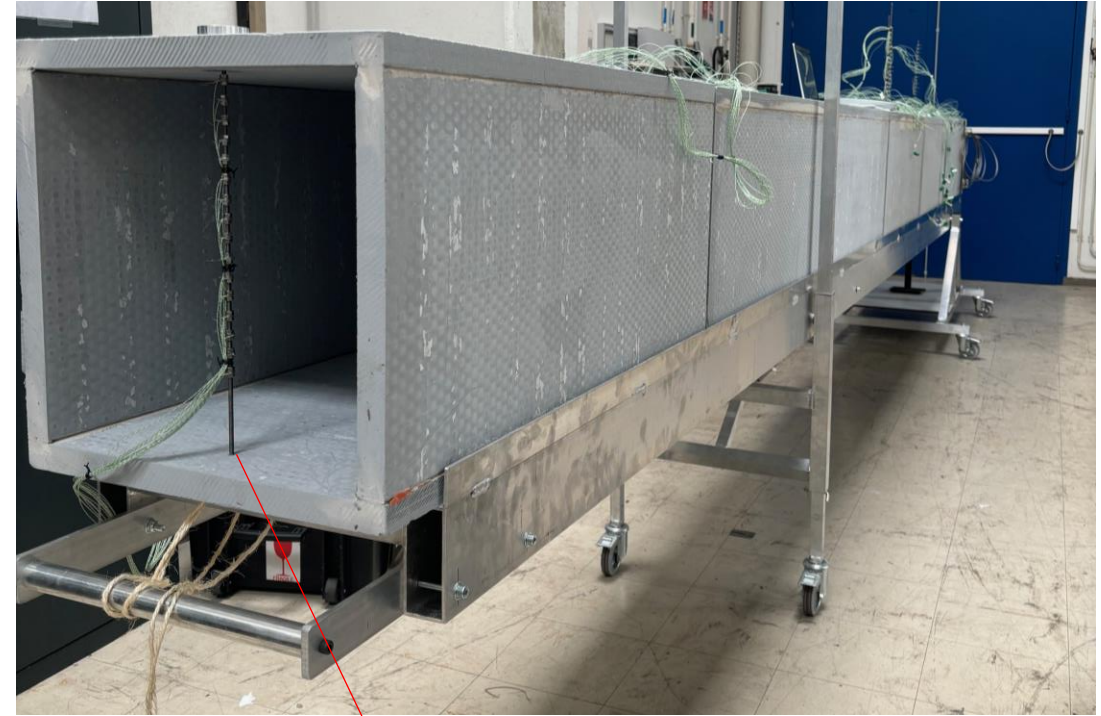
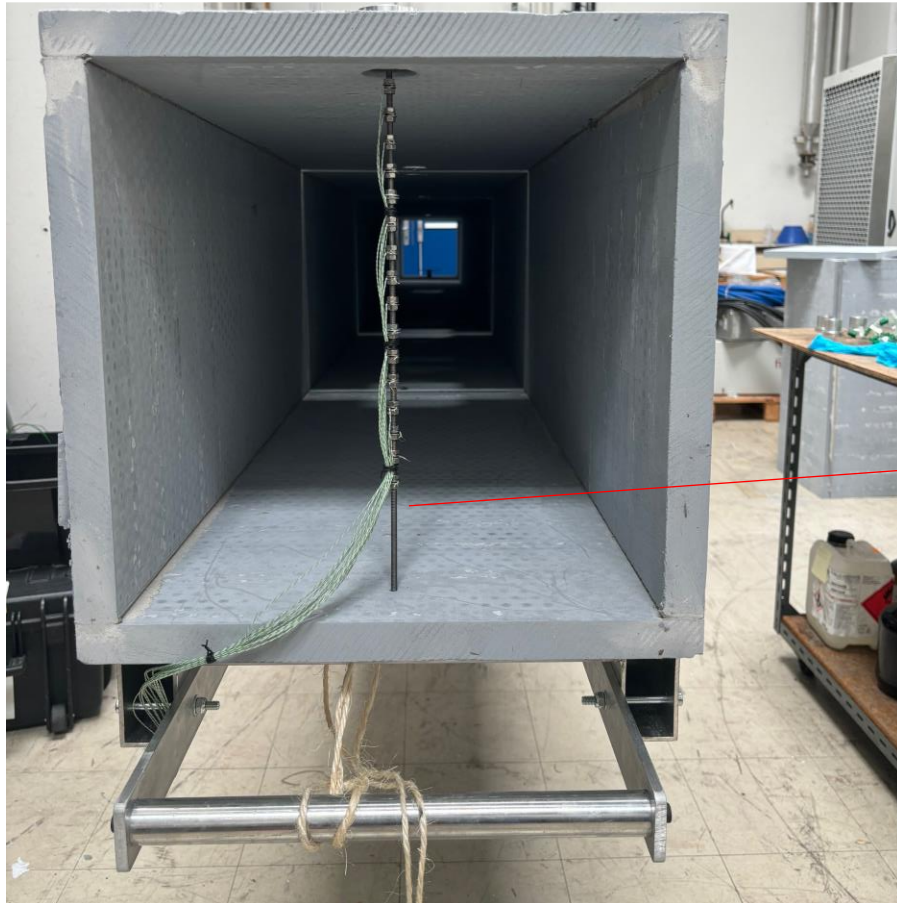


Tunnel ouvert



Maquette inclinable de 0 à 15°

Tunnel de **6 m de long**, section intérieure de **40 sur 40 cm**, soit un facteur d'échelle d'environ **1/22^{ème}** par rapport aux tunnels du Grand Paris



Perches de thermocouples qui permettront d'étudier la stratification

Ajout de sonde McCaffrey le long du parcours pour mesurer les variations de vitesses

Conclusions et Perspectives

AVANT LA THESE

Collaborations antérieures entre la SGP et le LEMTA qui ont pu mettre en évidence le comportement d'un incendie en tunnel borgne

1^{ère} ANNEE DE THESE

Etudes sur l'effet de l'inclinaison des tunnels borgnes sur les vitesses de fumées, la stratification et les températures

SUITE DE LA THESE

Modélisation de nouvelles géométries afin de comprendre et modéliser les phénomènes incendies dans des réseaux de galeries complexes en phase de chantier et en vraie grandeur