

# Influence de la flottabilité sur les coefficients convectifs dans une rue canyon 2D

Journée SFT – Paris 05/12/2024

Hugo Matry<sup>(\*)</sup>, Matthieu Labat, Marion Bonhomme, Stéphane Ginestet

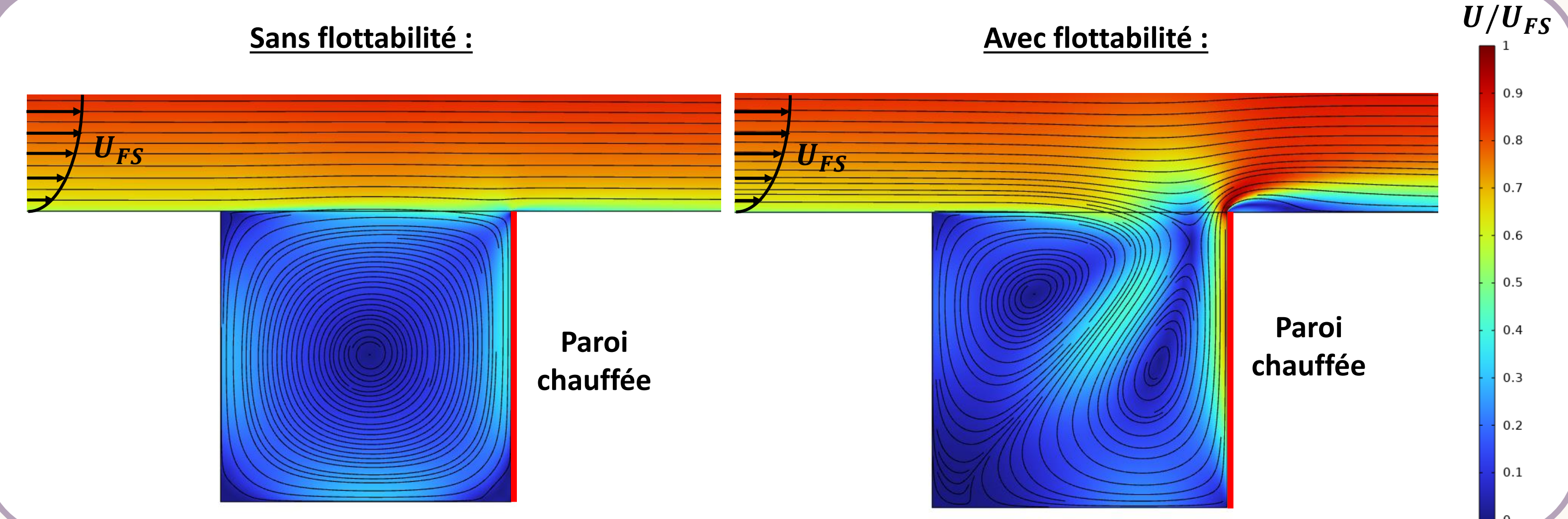
Laboratoire Matériaux et Durabilité des constructions (LMDC), INSA - Toulouse, Université Paul Sabatier-Toulouse III - UPS

(\*) matry@insa-toulouse.fr

## Contexte

Lorsque les parois d'une rue sont chauffées par le rayonnement solaire, une différence de température entre l'air dans la rue et l'air proche de la paroi se crée et peut atteindre plusieurs dizaines de °C. Cela peut créer des mouvements convectifs induits par le phénomène de flottabilité. Dans les modèles numériques de microclimat urbain, la prise en compte des phénomènes de flottabilité dans un modèle CFD est souvent négligée puisqu'elle augmente le temps de calcul et peut rendre plus difficile la convergence. Toutefois, dans certaines conditions, la flottabilité exerce une réelle influence sur les champs de vitesse et de température dans la rue et ainsi, sur les transferts de chaleur entre l'air de la rue et les différents bâtiments. Cette influence est peu quantifiée dans la littérature. Dans cette étude, nous évaluons numériquement le rapport des coefficients convectifs aux parois avec / sans les effets de flottabilité pour différentes configurations théoriques.

## Lignes de courant sans / avec flottabilité dans une rue canyon 2D

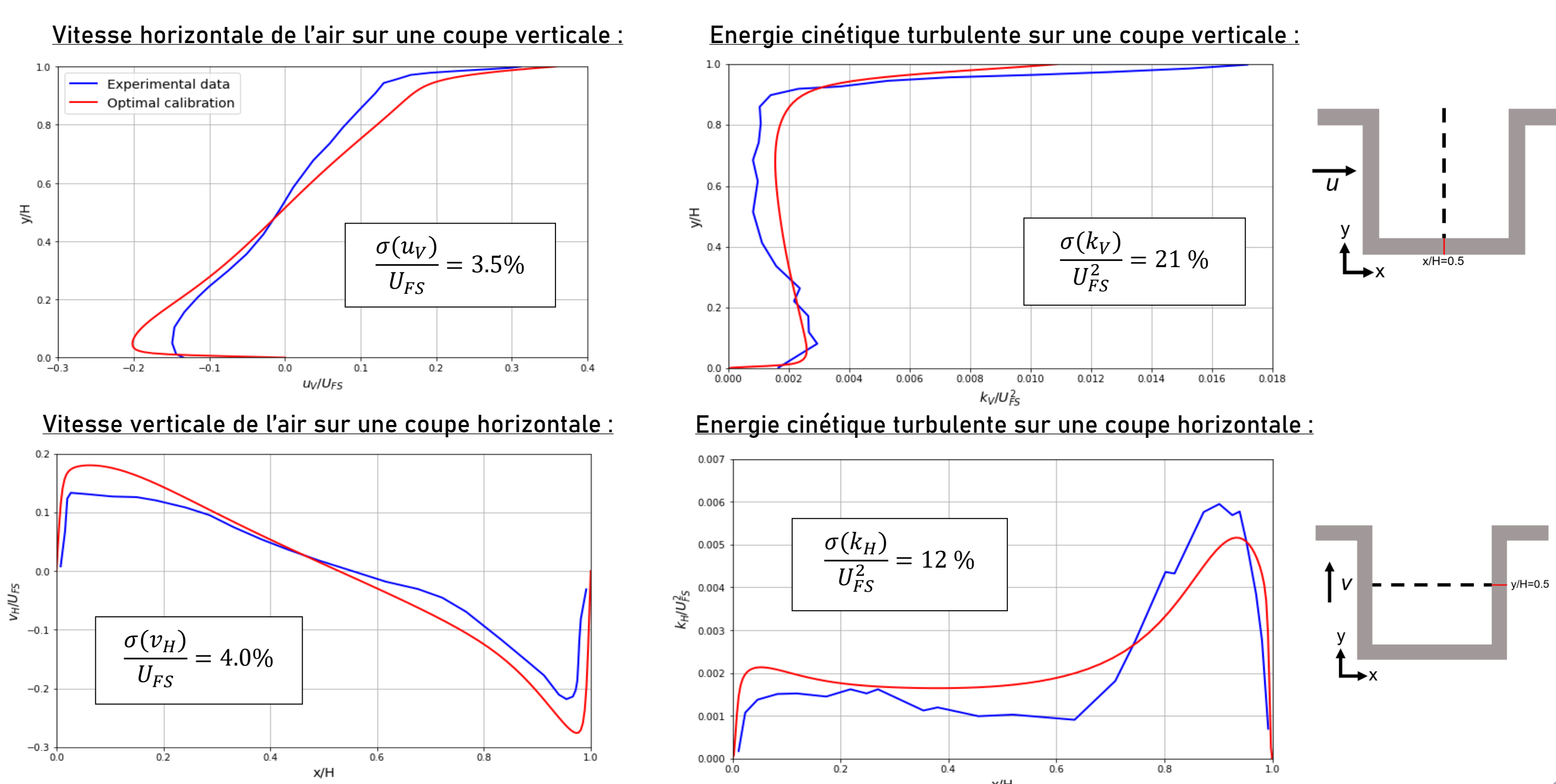


## Modèle numérique et méthode

### Modèle CFD et validation

Modèle CFD RANS sur Comsol multiphysics d'une rue canyon 2D. Utilisation du modèle de turbulence k-ε standard avec une résolution à la paroi en Bas Reynolds.

Calibration des constantes du modèle de turbulence avec les données expérimentales en soufflerie de Allegrini et al. 2013 :



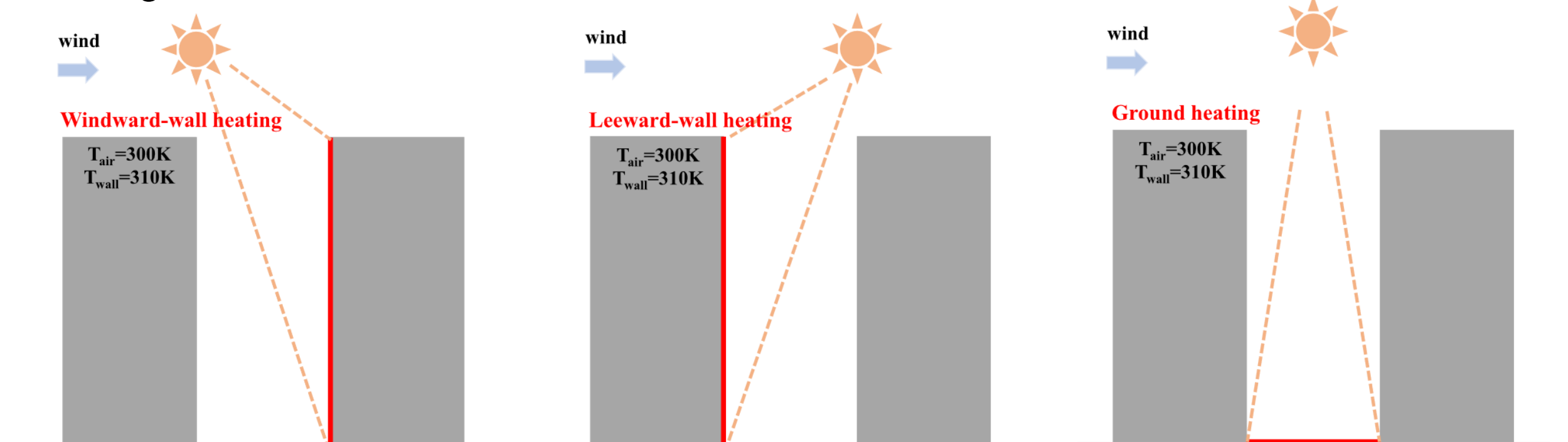
### Méthode

Le nombre adimensionnel de Richardson permet de comparer le rapport entre les efforts générés par la convection naturelle avec ceux de la convection forcée :

$$Ri = \frac{gH(T_s - T_{ref})}{U_{FS}^2 T_{ref}}$$

Dans cette étude, on fait varier Ri de  $10^{-2}$  à  $10^2$  en faisant varier  $U_{FS}$  (vitesse de l'air en entrée) et  $T_s$  (température imposée de la surface chauffée).

La température  $T_s$  est imposée sur chaque paroi de la rue représentant 3 configurations réelles :

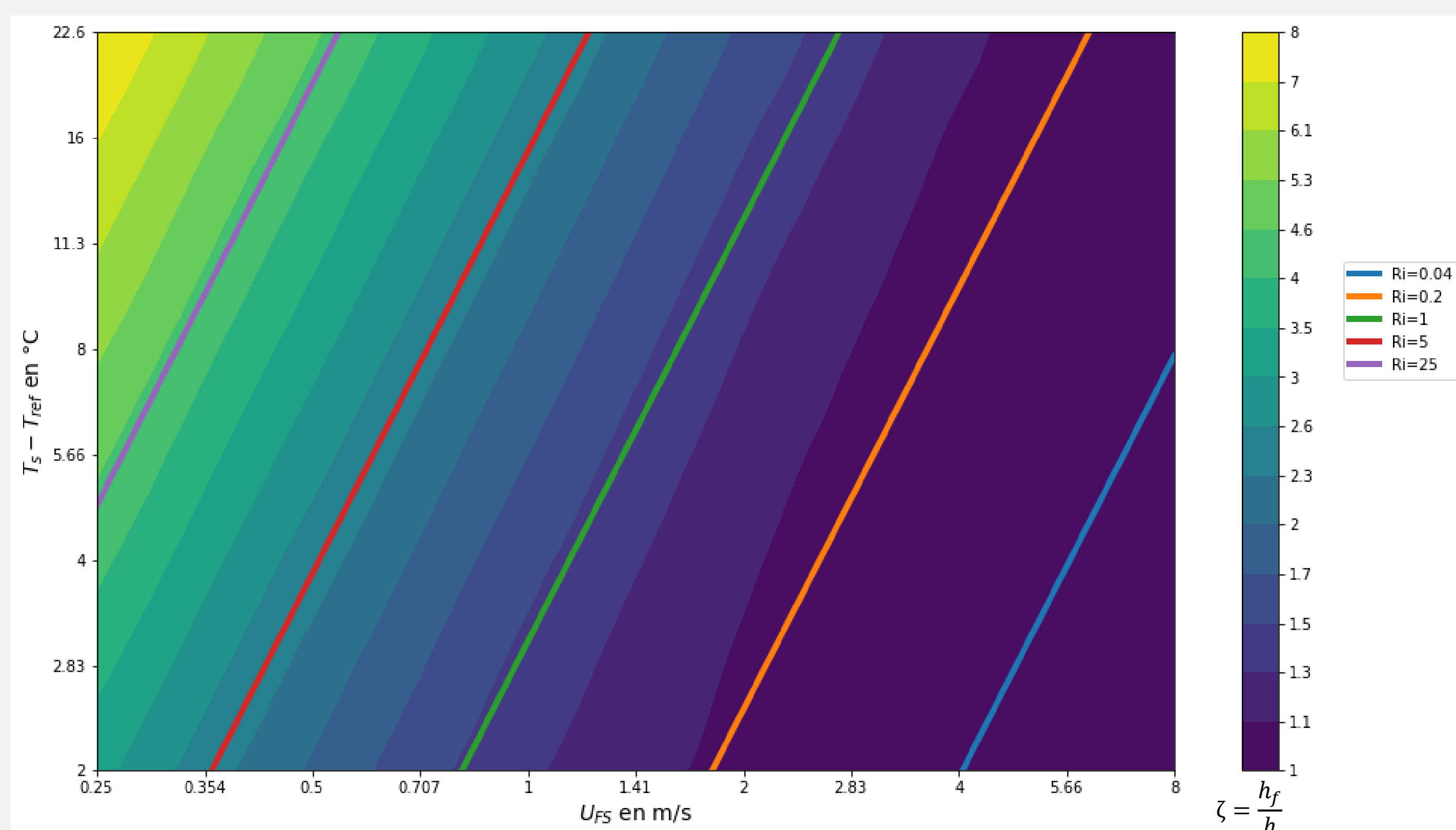


Le rapport  $\zeta$  des coefficients convectifs avec / sans les effets de flottabilité est calculé pour chaque simulation :

$$\zeta = \frac{h_f \text{ (avec flottabilité)}}{h \text{ (sans flottabilité)}} \quad \text{avec} \quad h = \frac{q}{(T_s - T_{ref})}$$

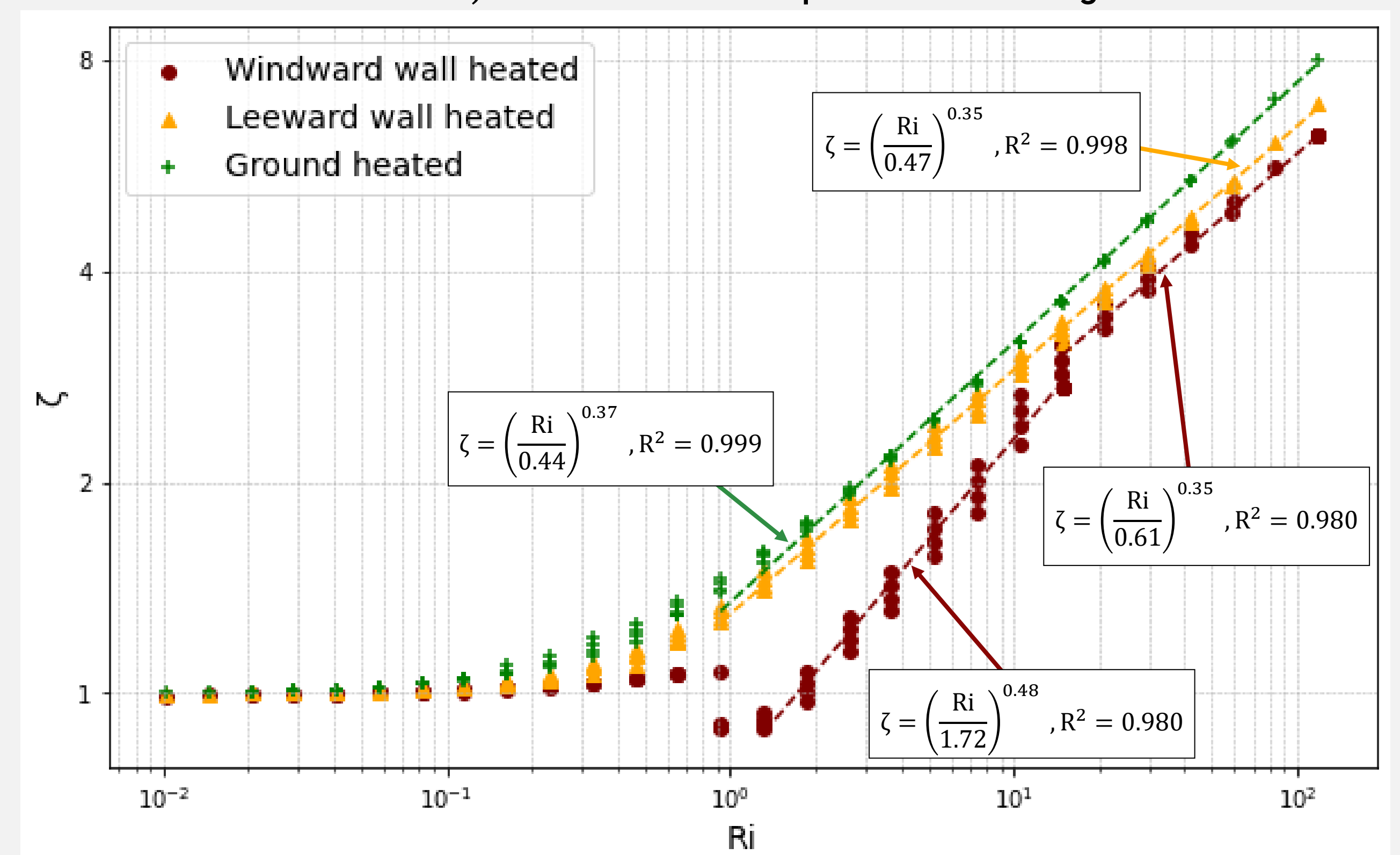
## Résultats et analyses

Isovaleurs de  $\zeta$  en fonction de  $U_{FS}$  et  $T_s - T_{ref}$  en condition de mur contre le vent chauffé



- Pour  $Ri < 0.5$ ,  $\zeta \approx 1$ . Les effets mécaniques dominent et l'influence de la flottabilité sur le coefficient convectif est négligeable.
- Pour  $Ri > 0.5$ ,  $\zeta > 1$  et les effets de la flottabilité ne sont plus négligeables. Les iso-courbes de  $\zeta$  suivent les courbes d'iso-valeurs de Ri.
- Ce changement de régime peut être caractérisé par un Richardson critique ( $Ri_c$ ) à partir duquel les effets de flottabilité dominent les effets mécaniques ( $Ri_c=0.5$  ici).

Corrélations de  $\zeta$  en fonction de Ri pour les 3 configurations :



- Lorsque les effets de flottabilité dominent,  $\zeta \propto Ri^{0.35}$  pour les 3 configurations.
- $Ri_c$  correspond au dénominateur dans la corrélation.
- Pour le mur face au vent, il y a un régime transitoire entre  $Ri = 1$  et  $Ri = 10$ . Cela correspond à la formation d'un deuxième tourbillon contre rotatif engendré par la paroi chauffée.

## Limites

- Configuration théorique d'une rue canyon 2D ayant un rapport d'aspect  $H/W=1$ .
- Température uniforme imposée aux parois ne représentant pas la répartition de température de surface induite par le rayonnement solaire.

## Références

- Allegrini, J., Dorier, V., Carmeliet, J., 2013. Wind tunnel measurements of buoyant flows in street canyons. Building and Environment 59, 315–326. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.029>
- Yang, H., Lam, C.K.C., Lin, Y., Chen, L., Mattsson, M., Sandberg, M., Hayati, A., Claesson, L., Hang, J., 2021. Numerical investigations of Re-independence and influence of wall heating on flow characteristics and ventilation in full-scale 2D street canyons. Building and Environment 189, 107510. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107510>

Remerciements : Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'une thèse financée par le projet DIMILOT 2 à travers l'institut Carnot MECD.