

Effet d'une géométrie complexe sur la ventilation urbaine : étude numérique du quartier de la Part-Dieu

Par Nour BOU ZAMEL
Supervisé par Ariane EMMANUELLI



CONTEXTE SOCIETAL

Milieu urbain – >50% population mondiale en ville
& 68% en 2050 (Nations Unies)

Ventilation urbaine

- Qualité de l'air
 - Confort thermique
-
- Meilleure compréhension physique
 - Amélioration de modèles de prédiction
 - Planification urbaine et choix politiques



CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Couche limite atmosphérique

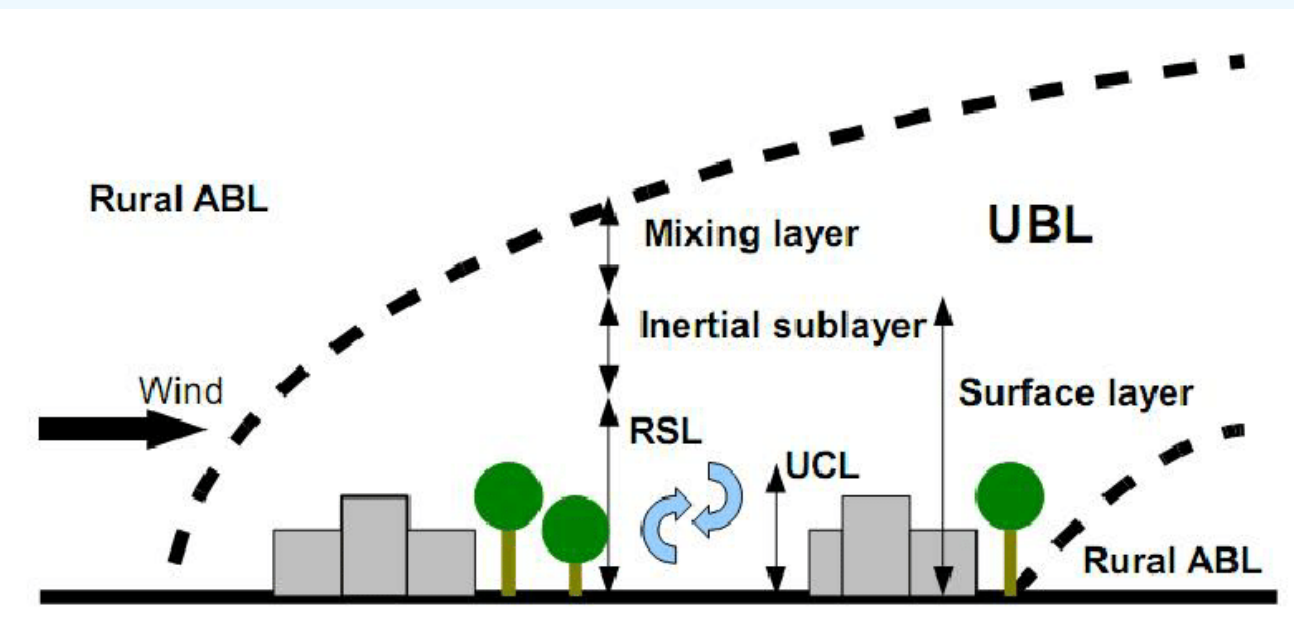
- Stabilité
- Turbulence
- Effets radiatifs

Milieu urbain

- Echelle rue : canyon urbain
- Echelle quartier :
géométries complexes
→ Moins étudié
- Echelle ville : îlot de chaleur urbain

Végétalisation

- Aérodynamique
- Evapo-transpiration
- Dépôt de polluant



Hertwig 2017, Env. Fluid. Mech. (sans concentration)



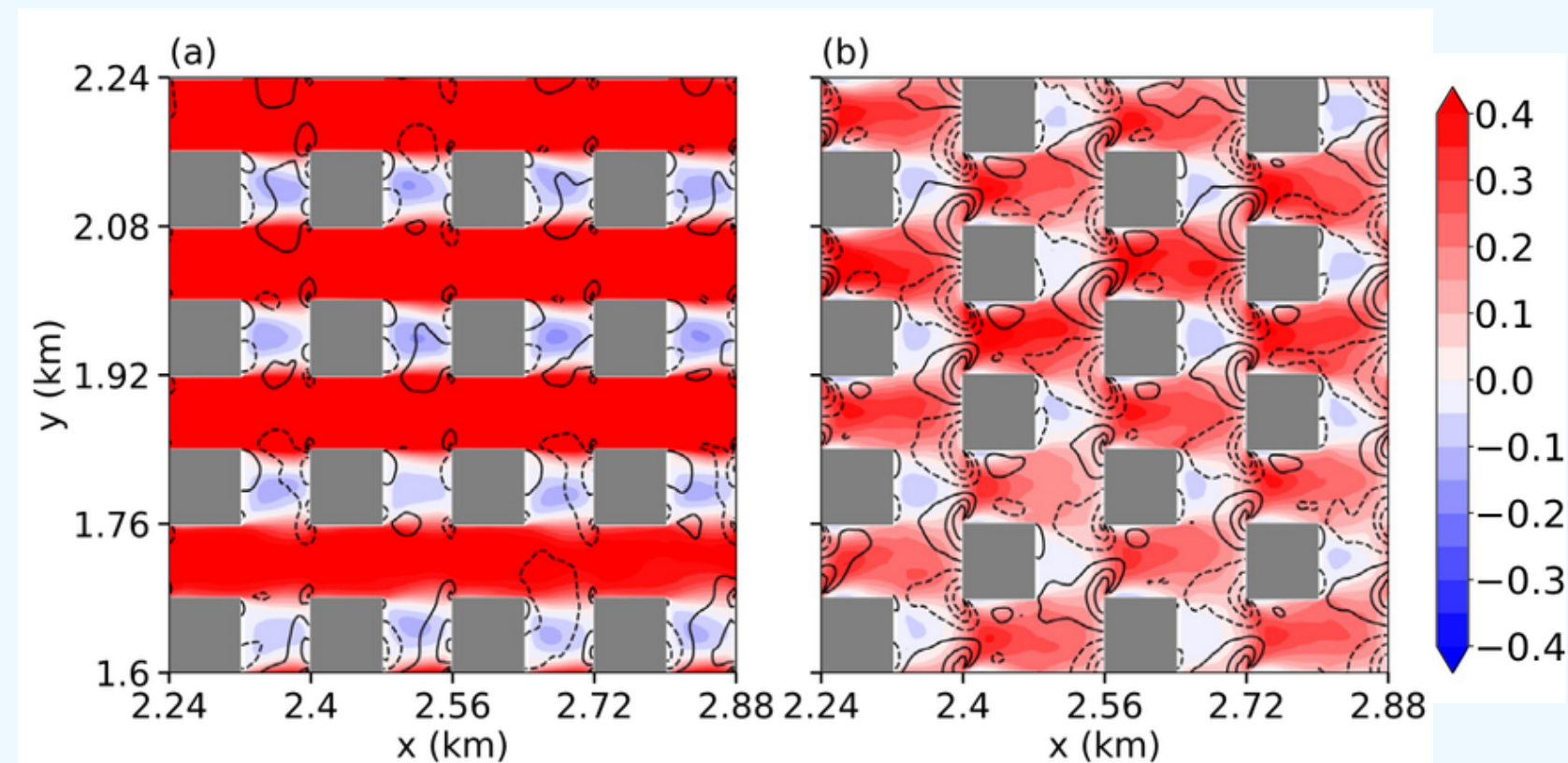
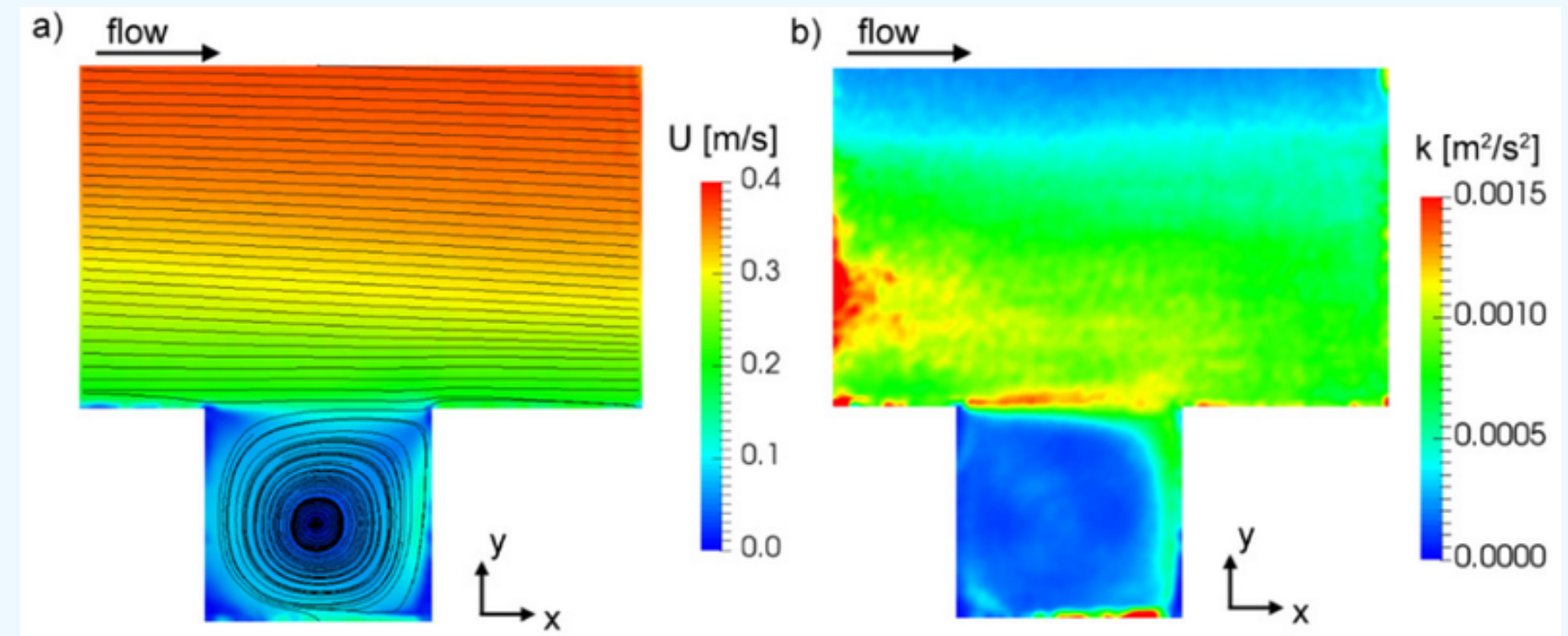
CONFIGURATIONS

Kubilay et al. 2017

1. briques élémentaires simplifiées

2. quartier idéalisé

3. géométrie complexe réelle



Vitesse moyenne axiale (contour) et transversale (isolignes) - An et al. 2024

OBJECTIFS GLOBAUX

Etude de la ventilation urbaine dans une géométrie complexe – Dispersion de polluants et confort thermique dans un quartier de Lyon

1. Effets géométrique

- Niveau LOD (Level Of Detail)
- Effet quartier
- Configuration particulière (tour, espace semi-ouvert...)

2. Effets aérodynamiques de la végétation

3. Effets radiatifs & évapotranspiration/dépôt sur la végétation

- Expérimental – soufflerie atmosphérique
- Numérique – simulations aux grandes échelles



CAS D'ETUDE

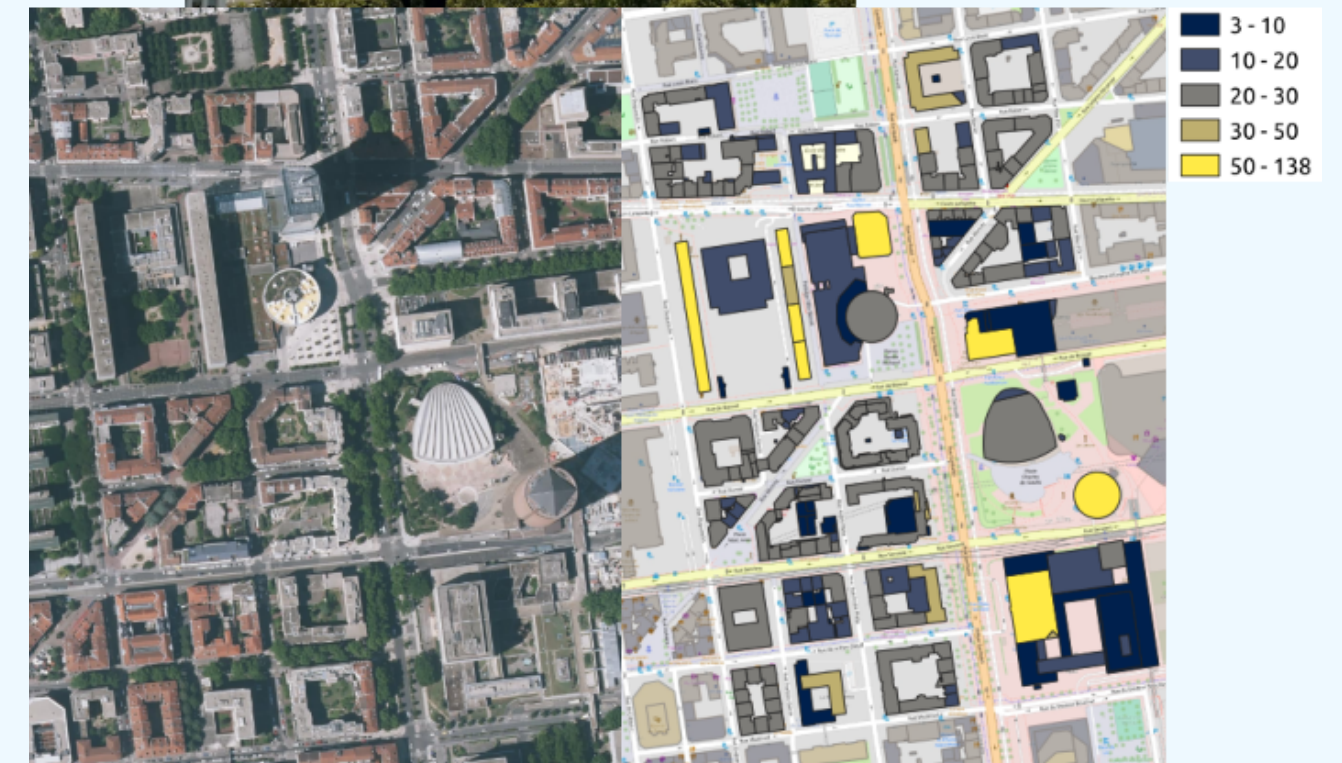
Quartier de la Part Dieu

Morphologie

- Sol ~ plat
- Partie typique villes européennes : canyons urbains
- Rues étroites et grands axes
- Obstacles isolés : tours
- Espace semi-ouverts : places, parkings

Enjeux

- Flux piéton, cyclistes, routiers
- Gare, quartier d'affaire et centre commercial

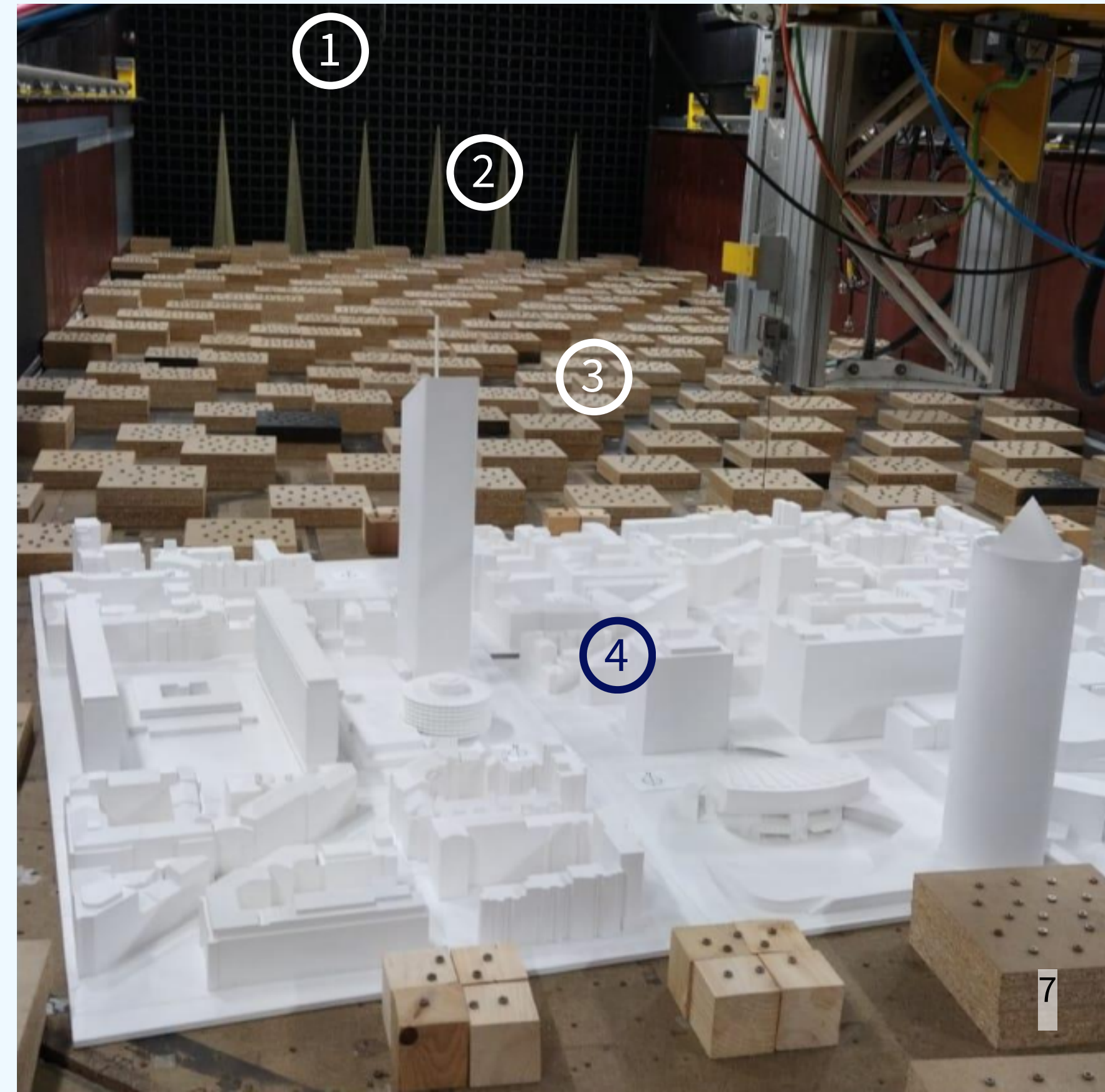


EXPERIENCE A LA SOUFFLERIE DU LMFA

Dimensions

- Longueur = 4,4 m
- Largeur = 3,8 m
- Hauteur = 2m

1. **Grille d'entrée** → turbulence de grande échelle
2. **Ailerons d'Irwin** → développement de la couche limite urbaine
3. **Bâtiments idéalisés** → rugosité urbaine et petites échelles turbulentes
4. **Maquette du quartier** → zone d'étude principale



OBJECTIFS DU STAGE

- Etude **phénoménologique** de la ventilation à l'échelle d'un quartier
- Etude de l'influence de la **complexité** de la géométrie utilisée sur la ventilation

MÉTHODOLOGIE

MAILLAGE Domaines imbriqués

PARENT:

2320m x 960m x 720m

$dx = dy = 5m$

$dz = 2,5m$, $z < 255m$ puis étiré jusqu'à $dz = 5m$

facteur d'étirement = 1,01

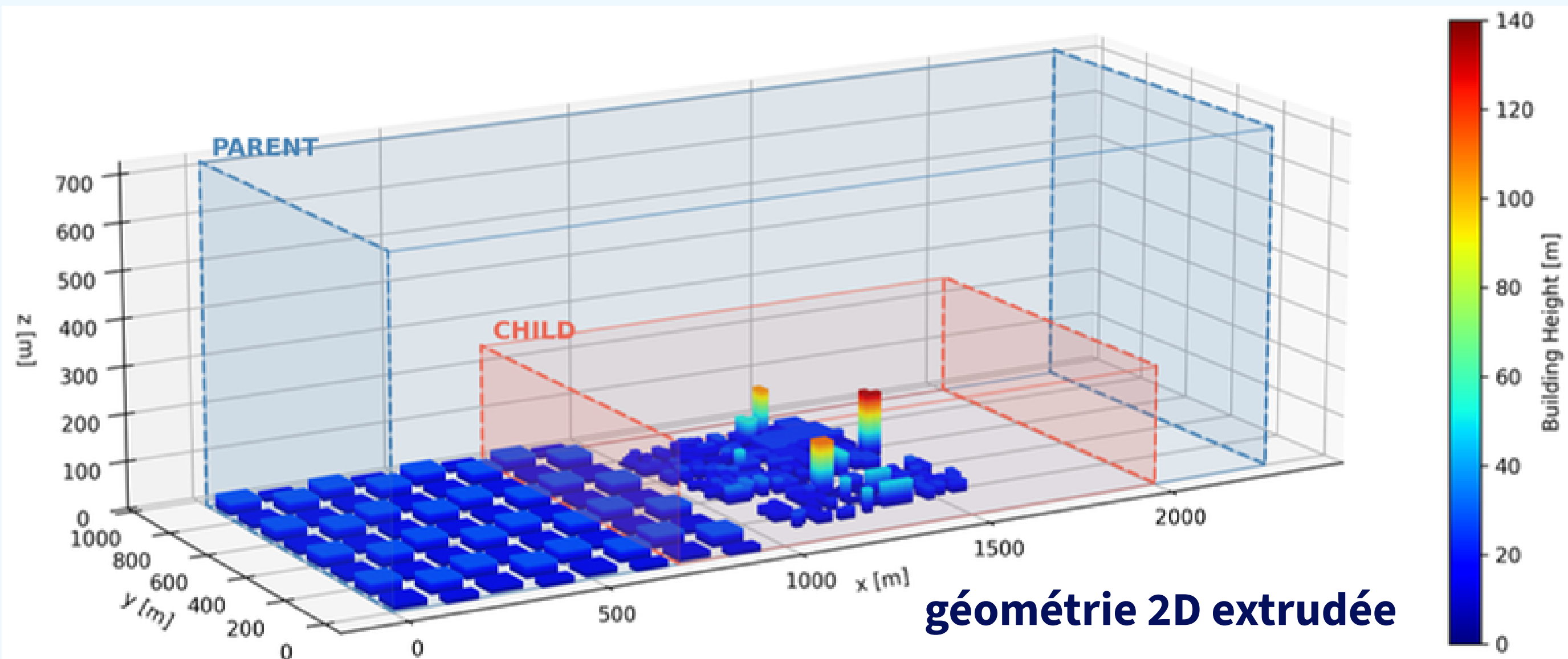
LES avec le logiciel CFD **PALM**



ENFANT:

1280m x 960m x 250m

$dx = dy = dz = 2,5m$



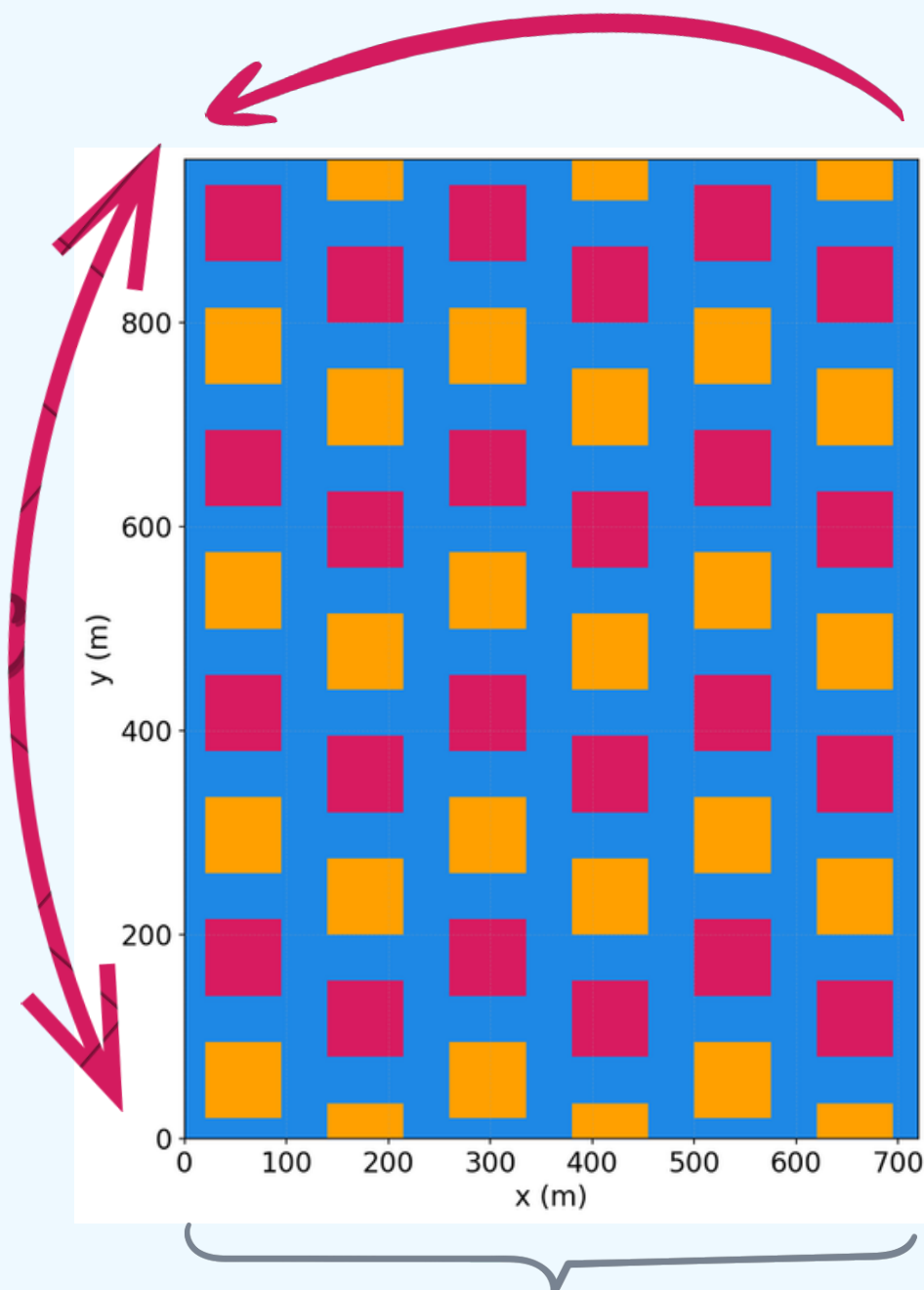
CONFIGURATION

CL

Neumann en haut
Non glissement au sol
+ Loi de paroi Monin-Obukhov

PRECURSEUR

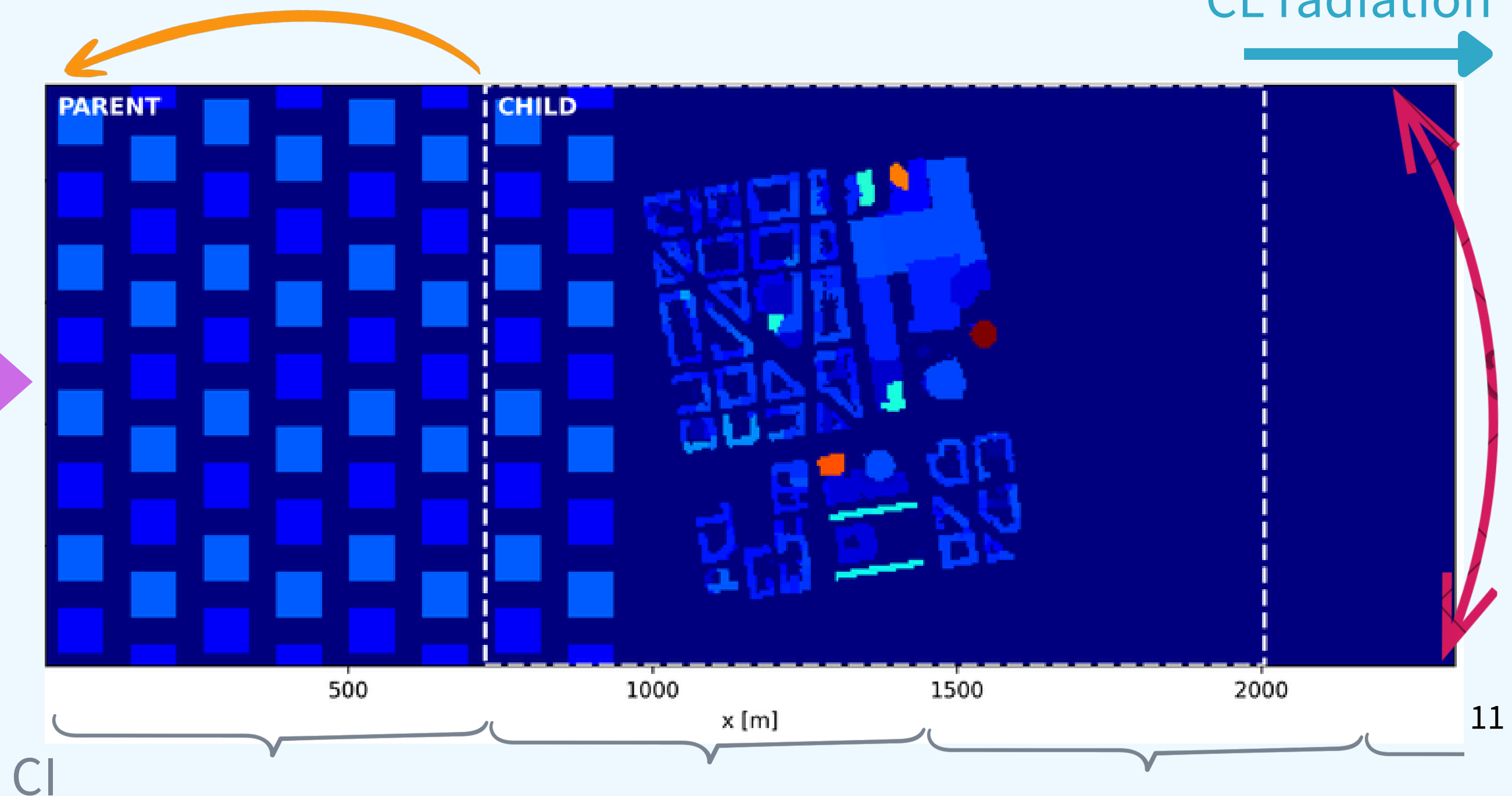
CL périodiques



Recyclage de la
turbulence

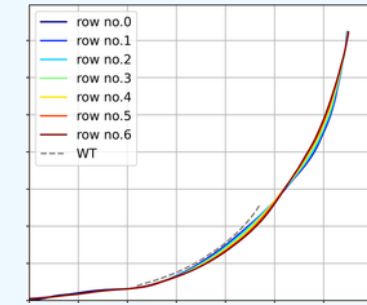
DOMAINE PRINCIPAL

CL radiation

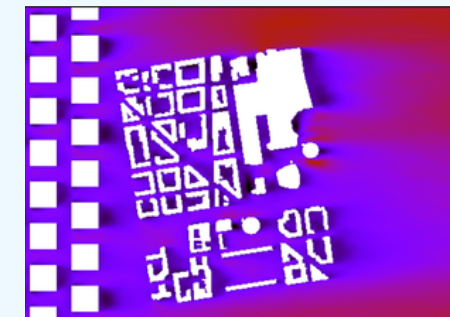


RESULTATS

1. Profils moyens et fluctuants (LES vs soufflerie)



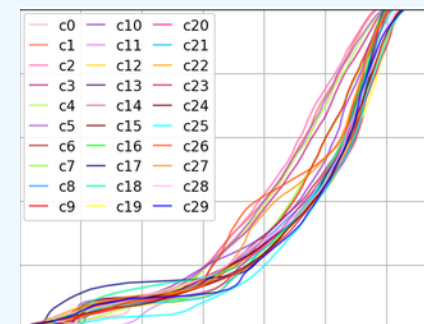
2. Ecoulement global autour de la géométrie



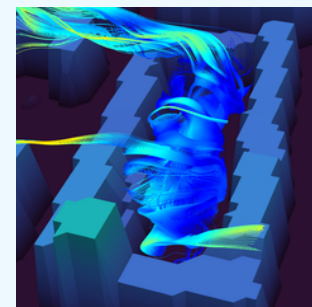
3. Analyse des quadrants de $\overline{u'w'}$



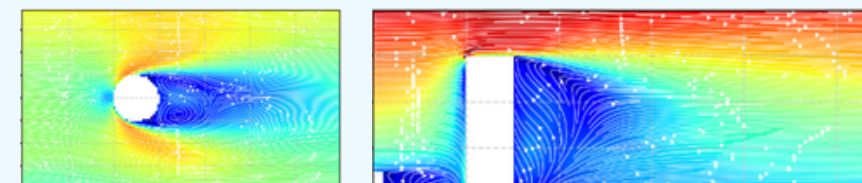
4. Etude globale des cours intérieures



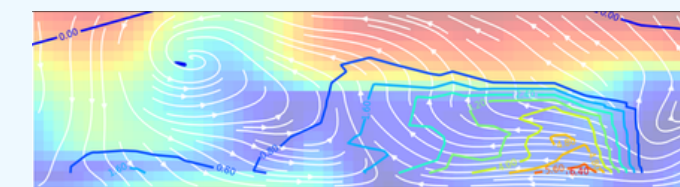
5. Etude d'une cour allongée



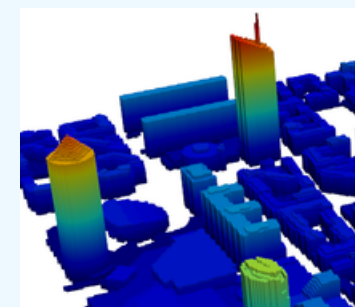
6. Etude des tours Part-Dieu et Incity



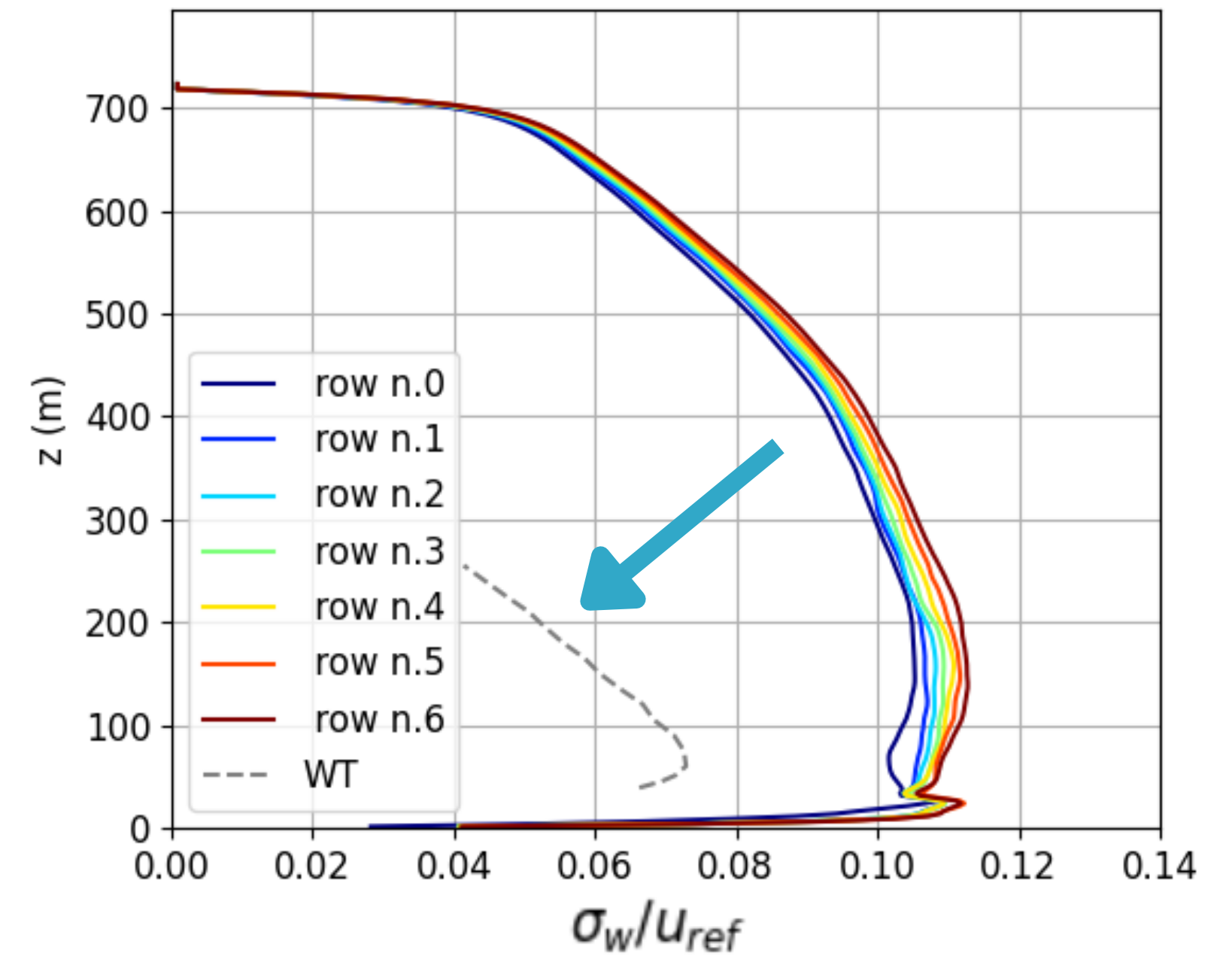
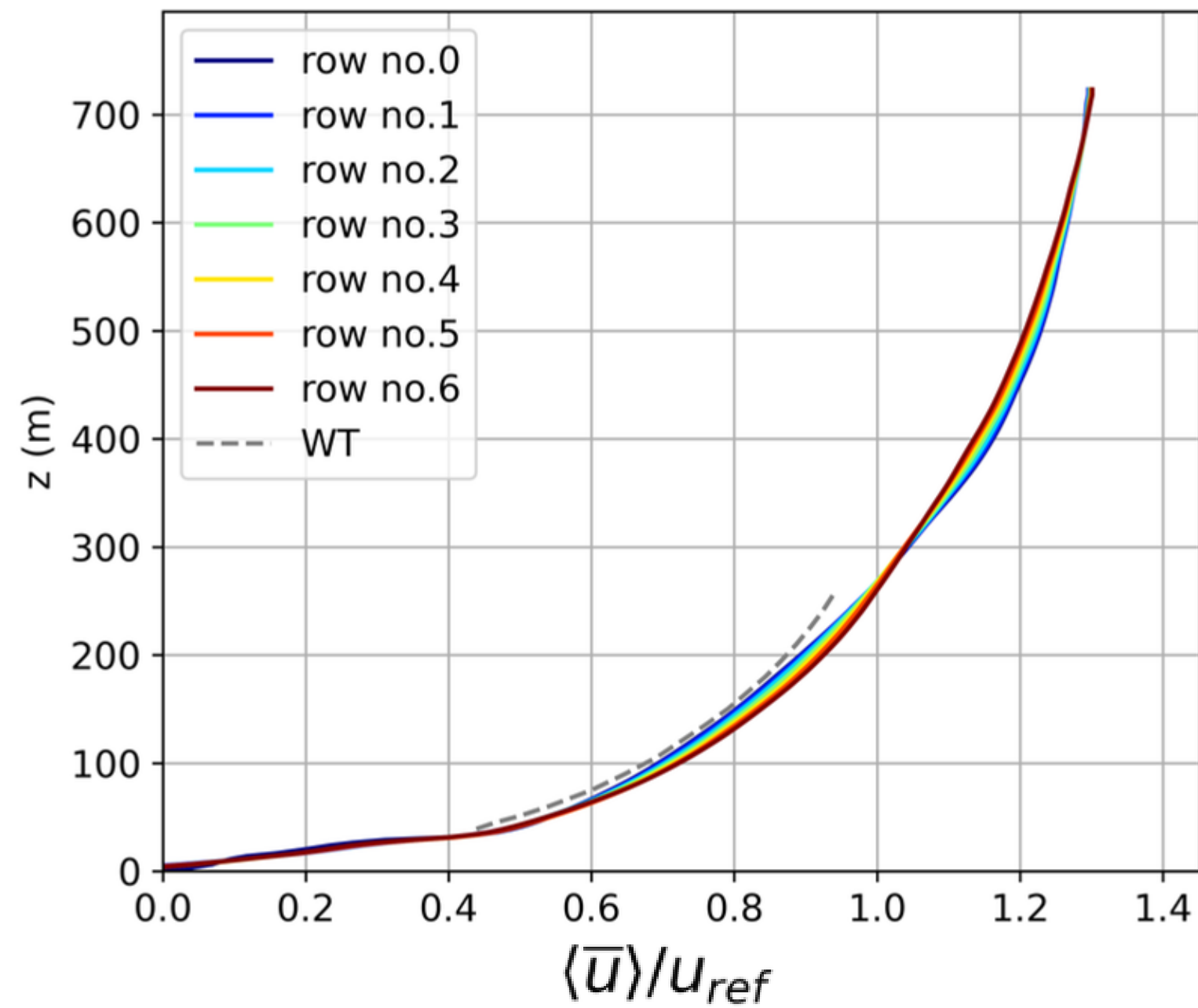
7. Analyse de mesures de concentration expérimentales



8. Comparaison avec la géométrie 3D

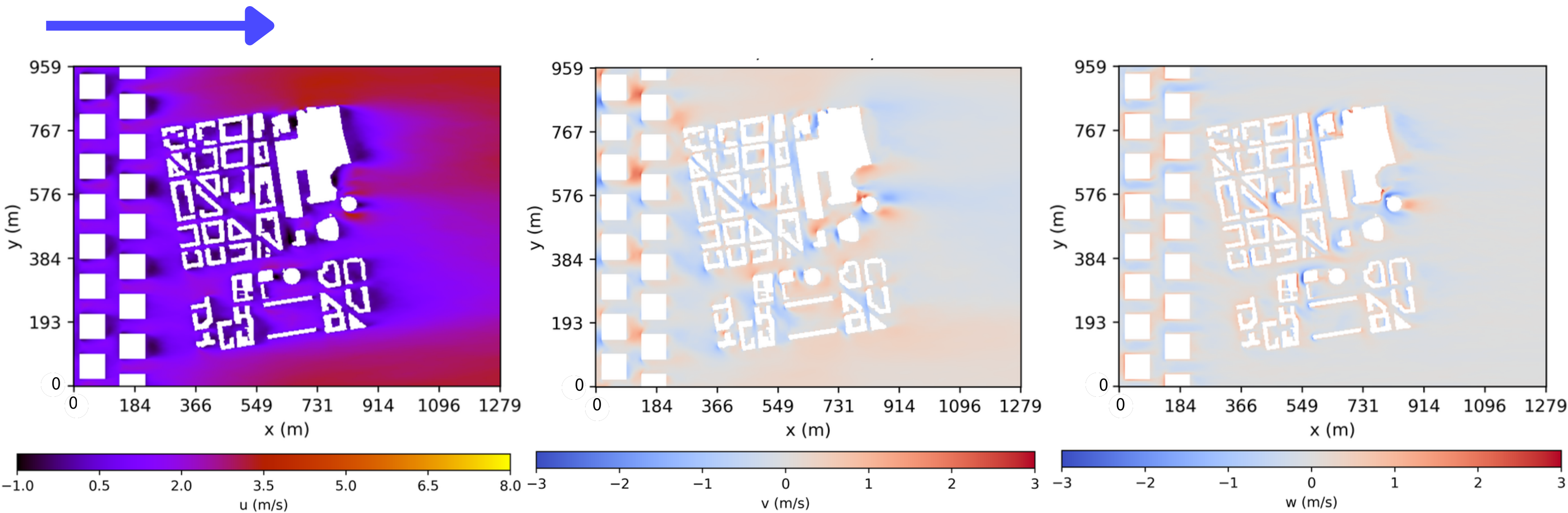


PROFILS MOYENS

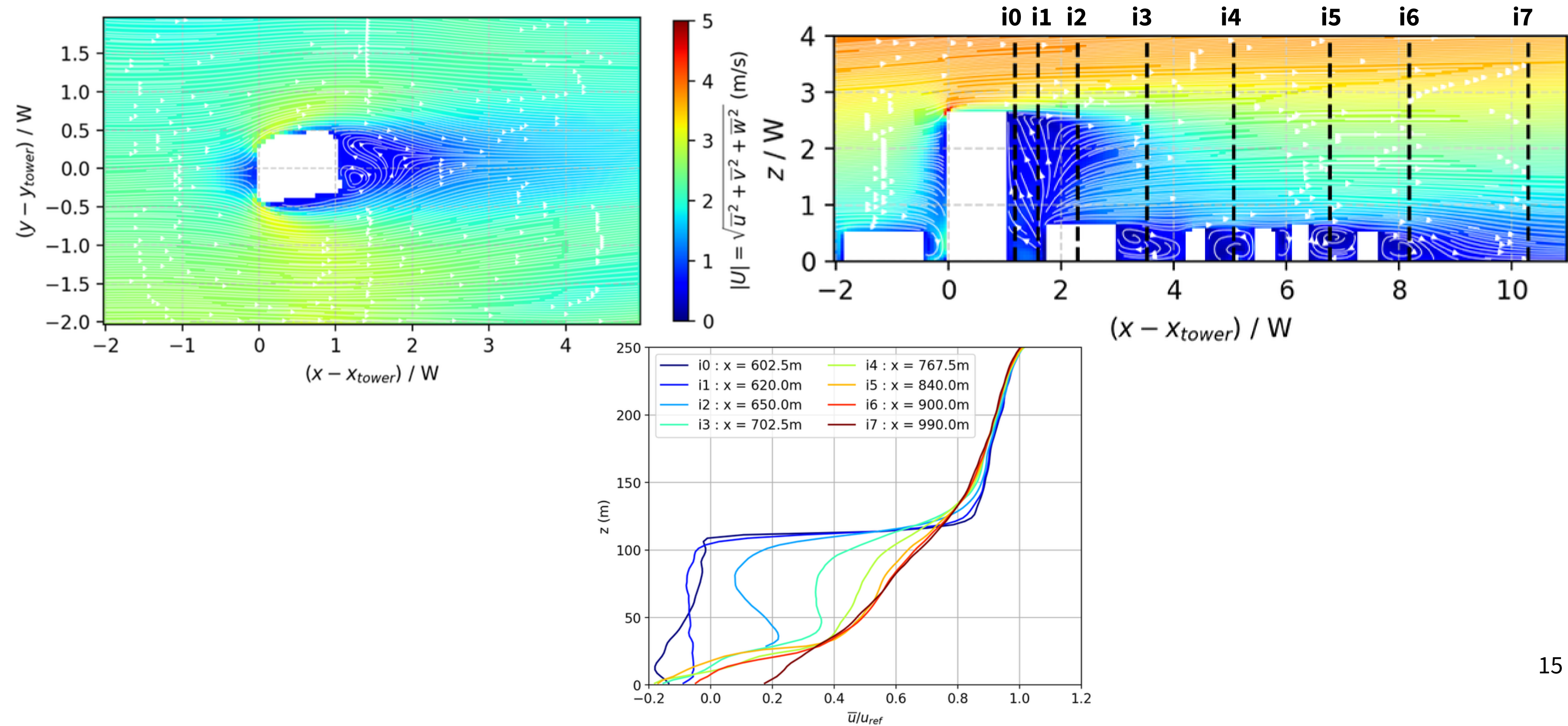


COUPE TRANSVERALE

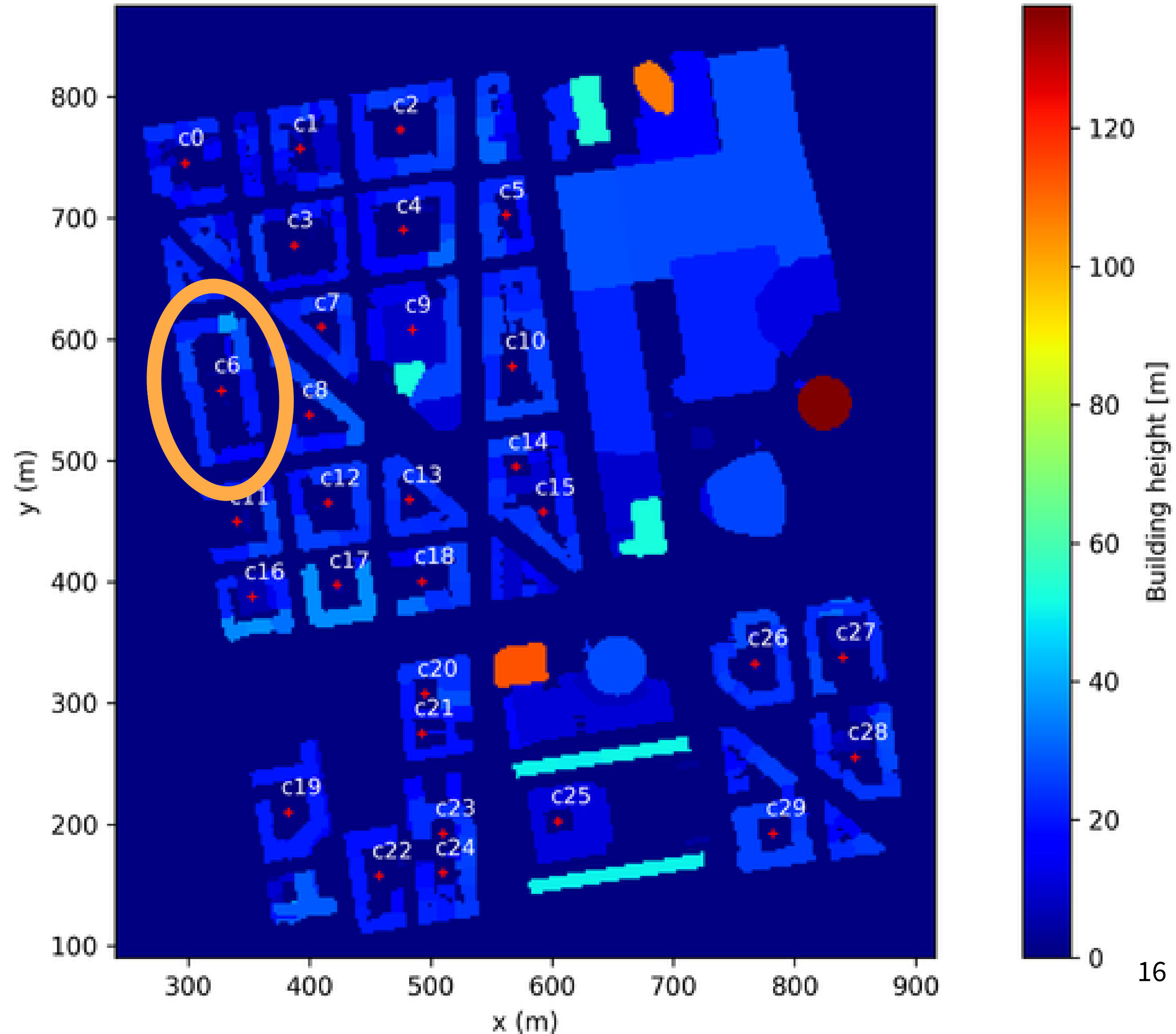
$z = 15\text{m}$



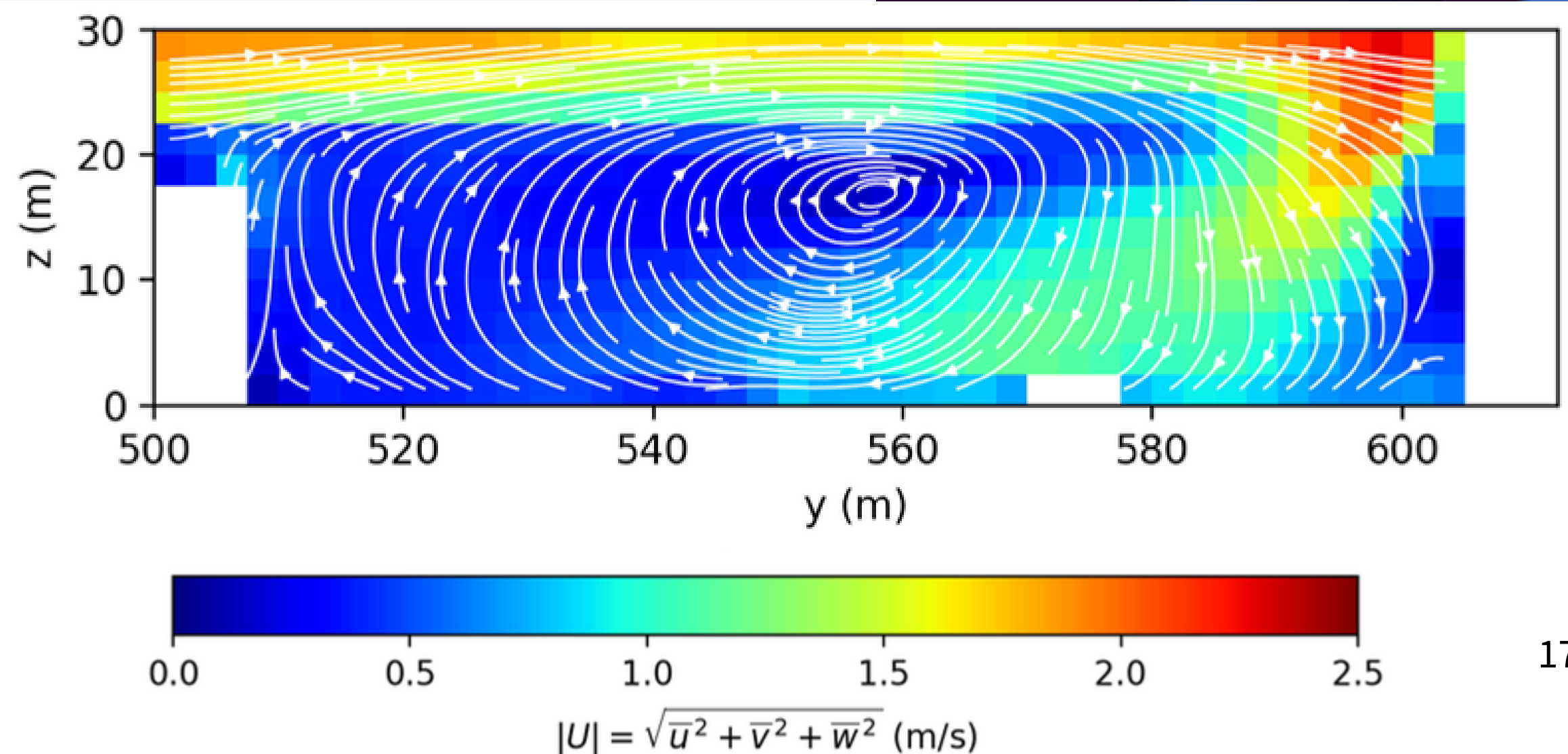
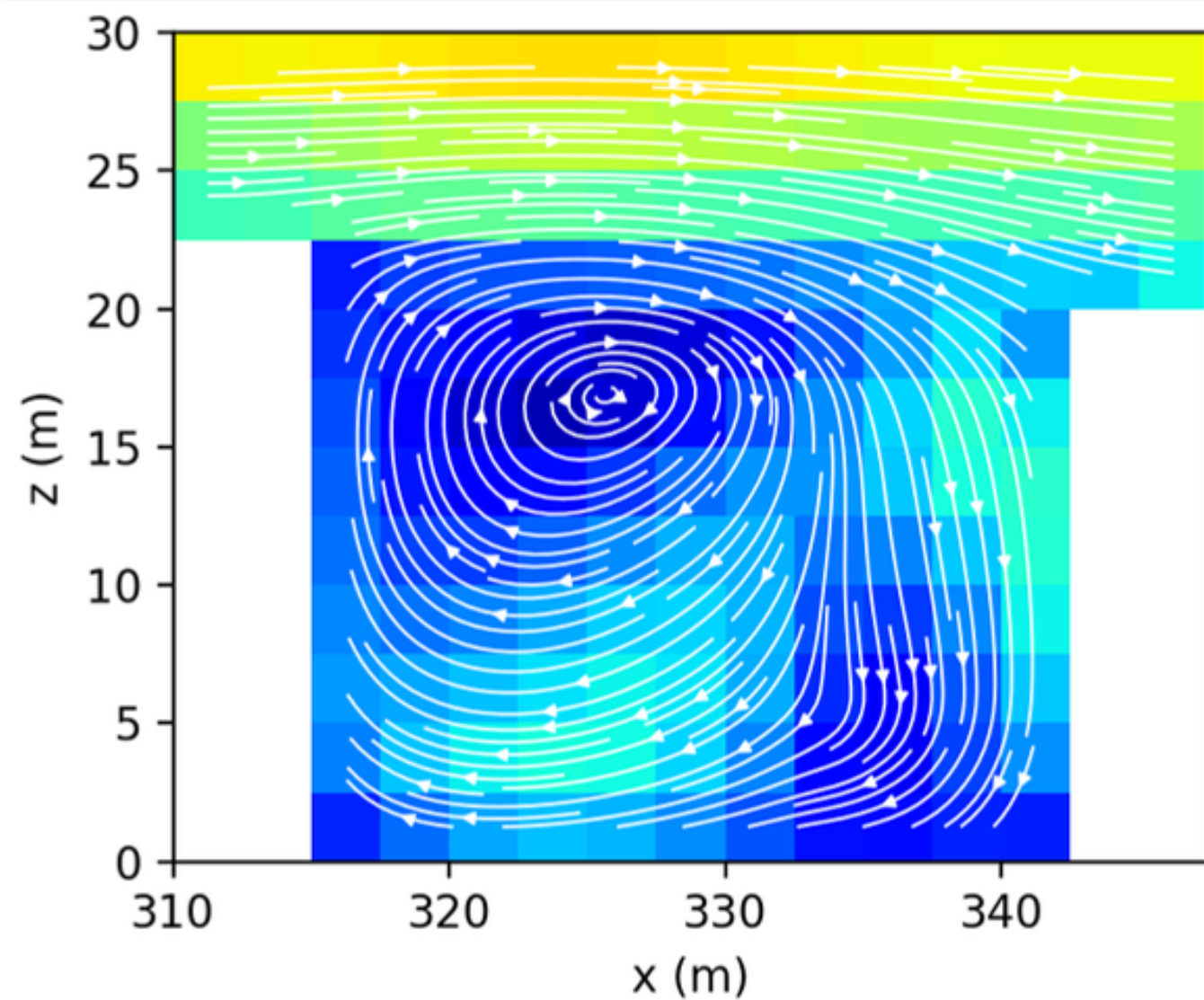
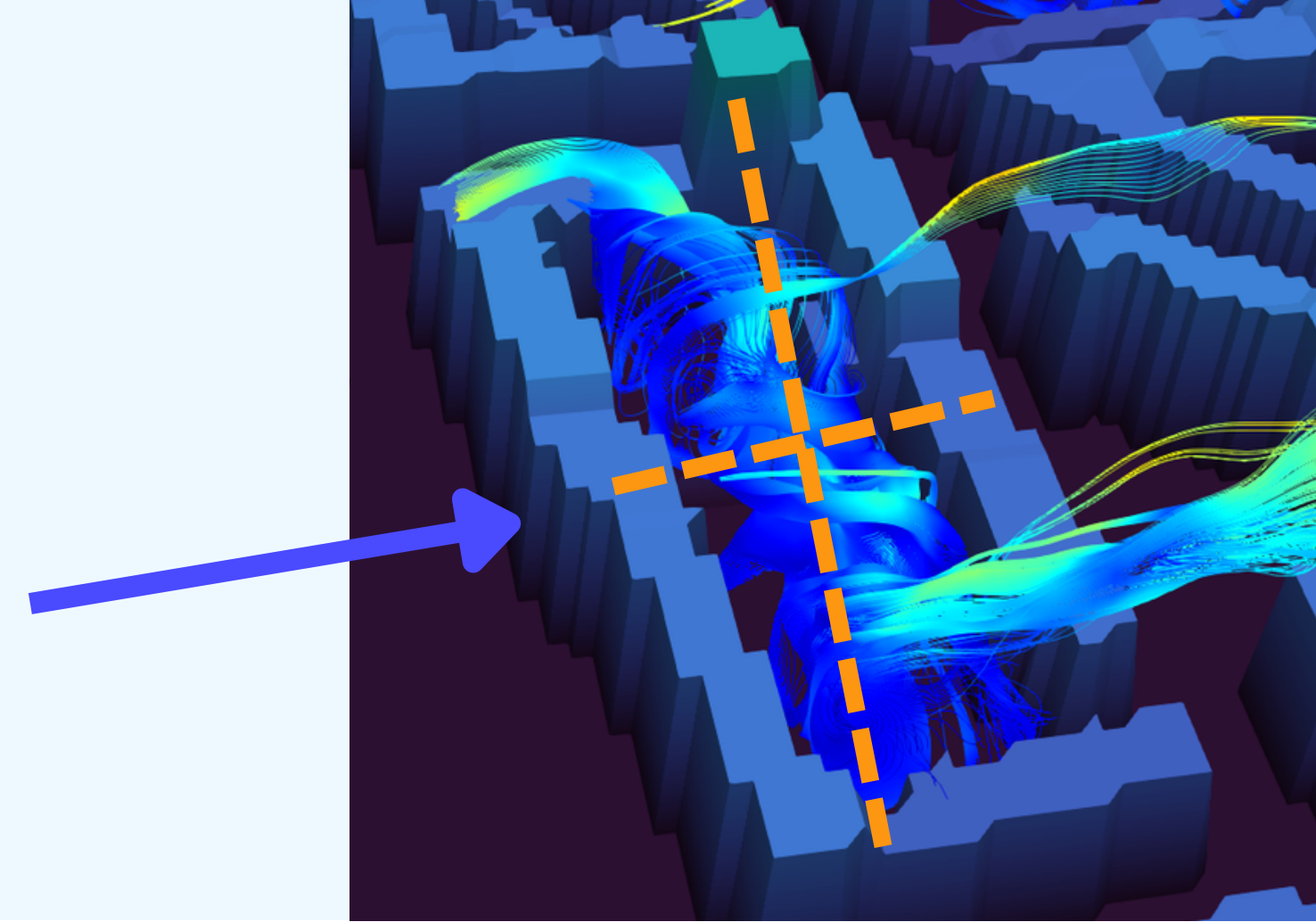
TOUR INCITY



ÉTUDE D'UNE COUR INTÉRIEURE

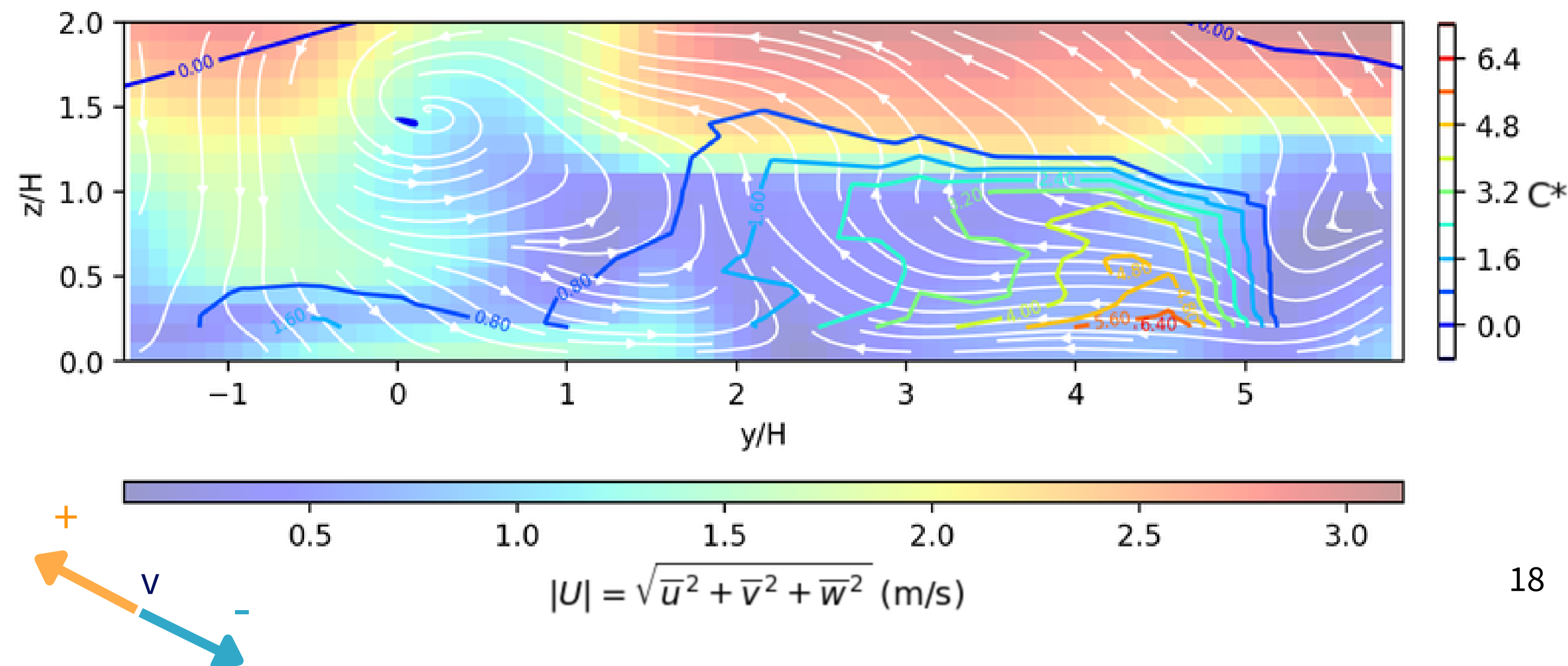
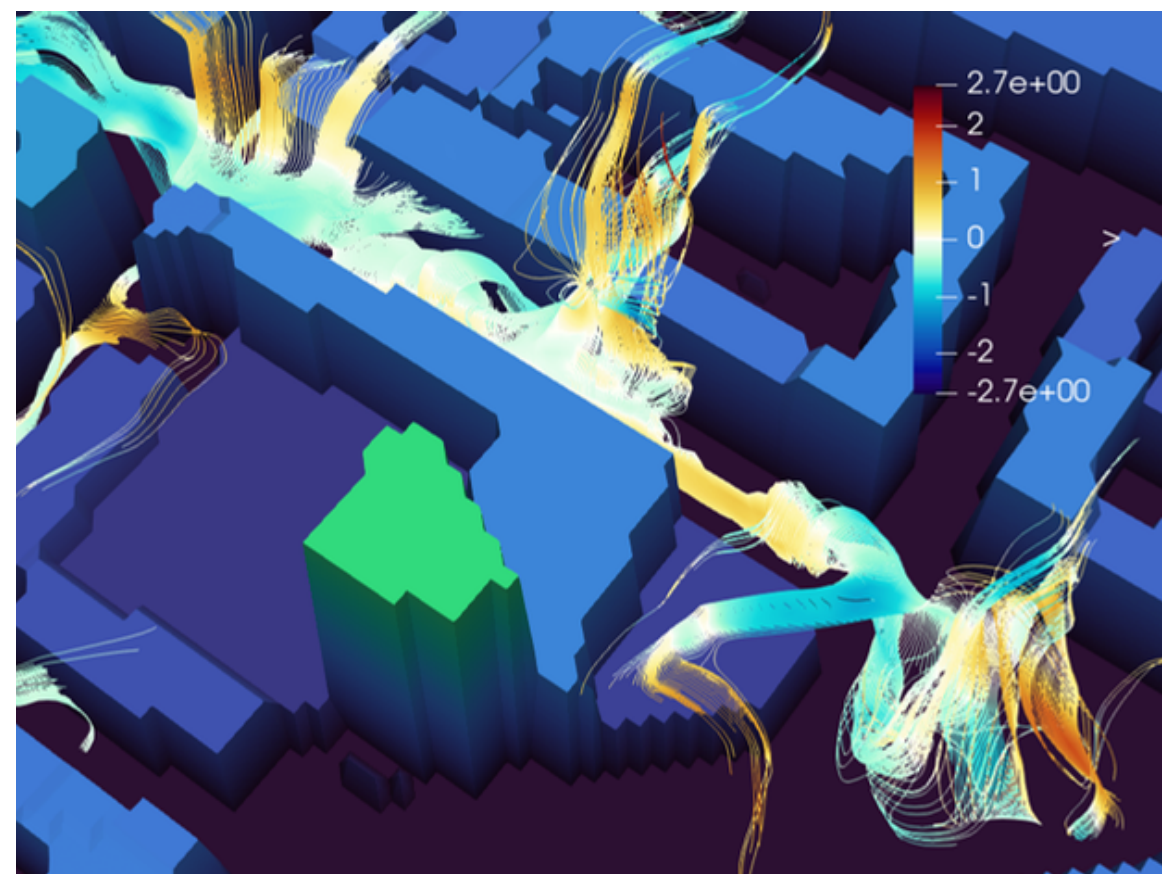
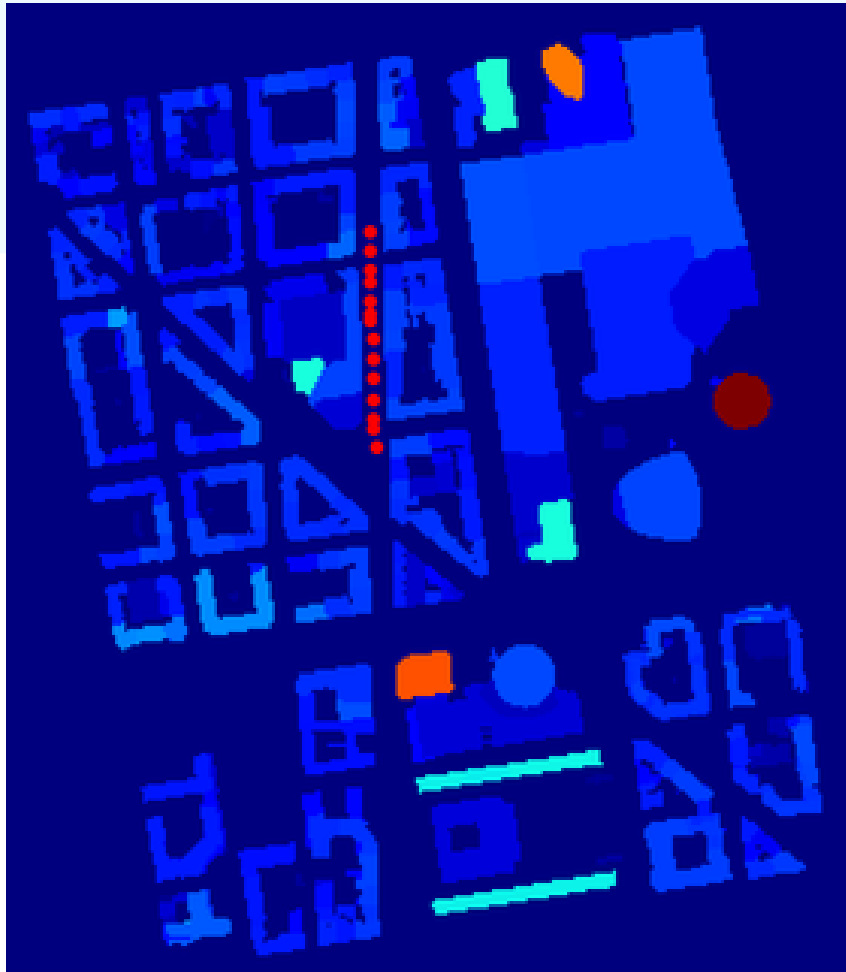


ÉTUDE D'UNE COUR INTÉRIEURE

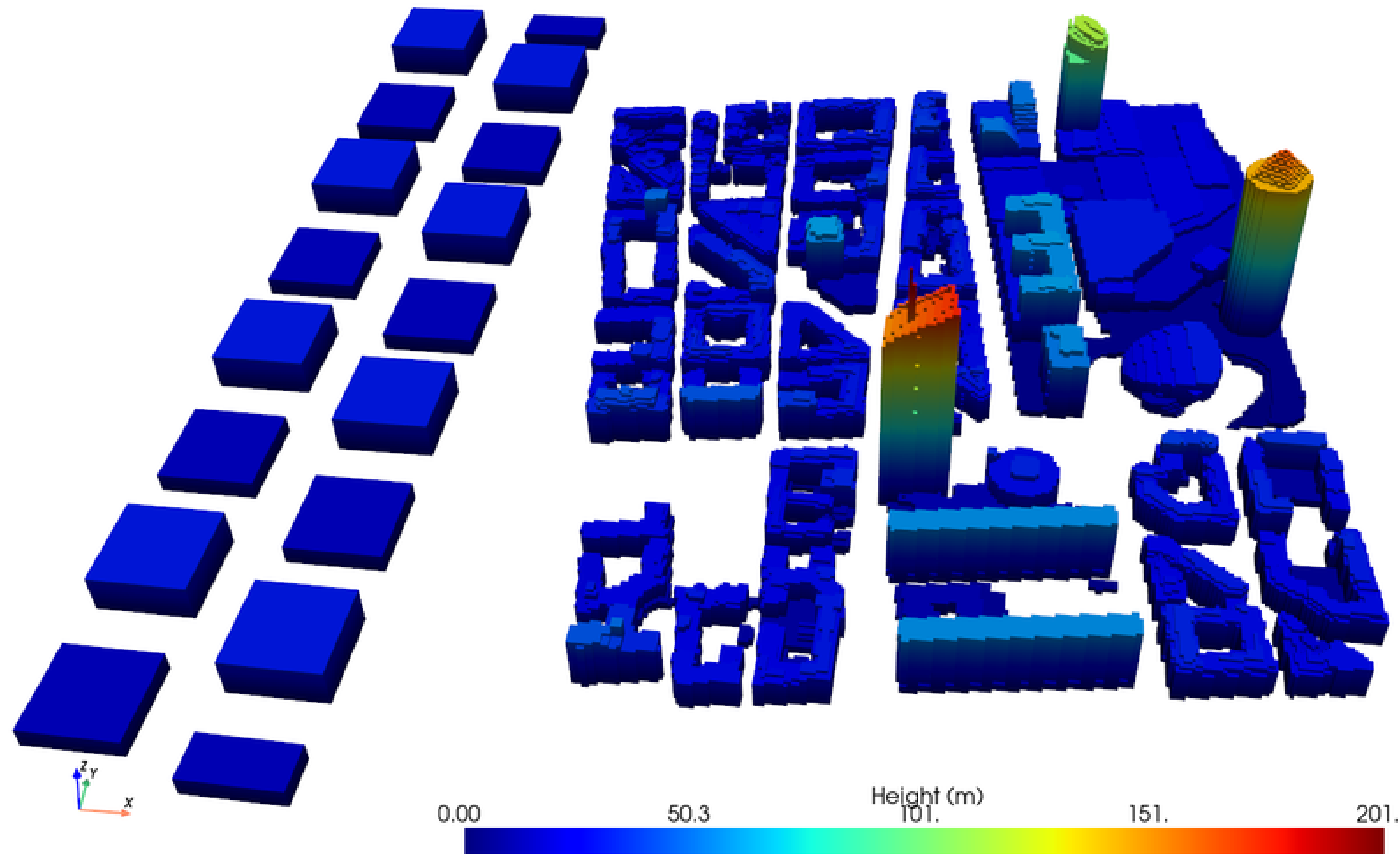


RUE SOURCE

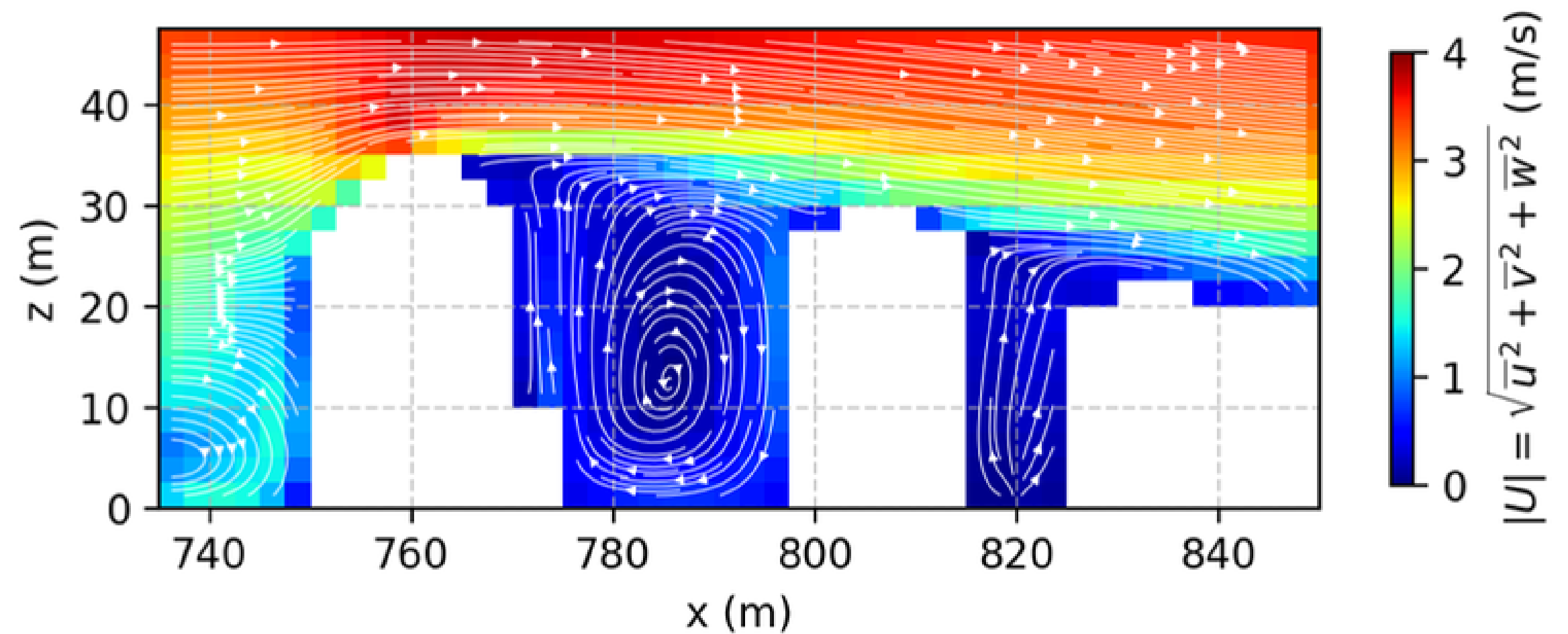
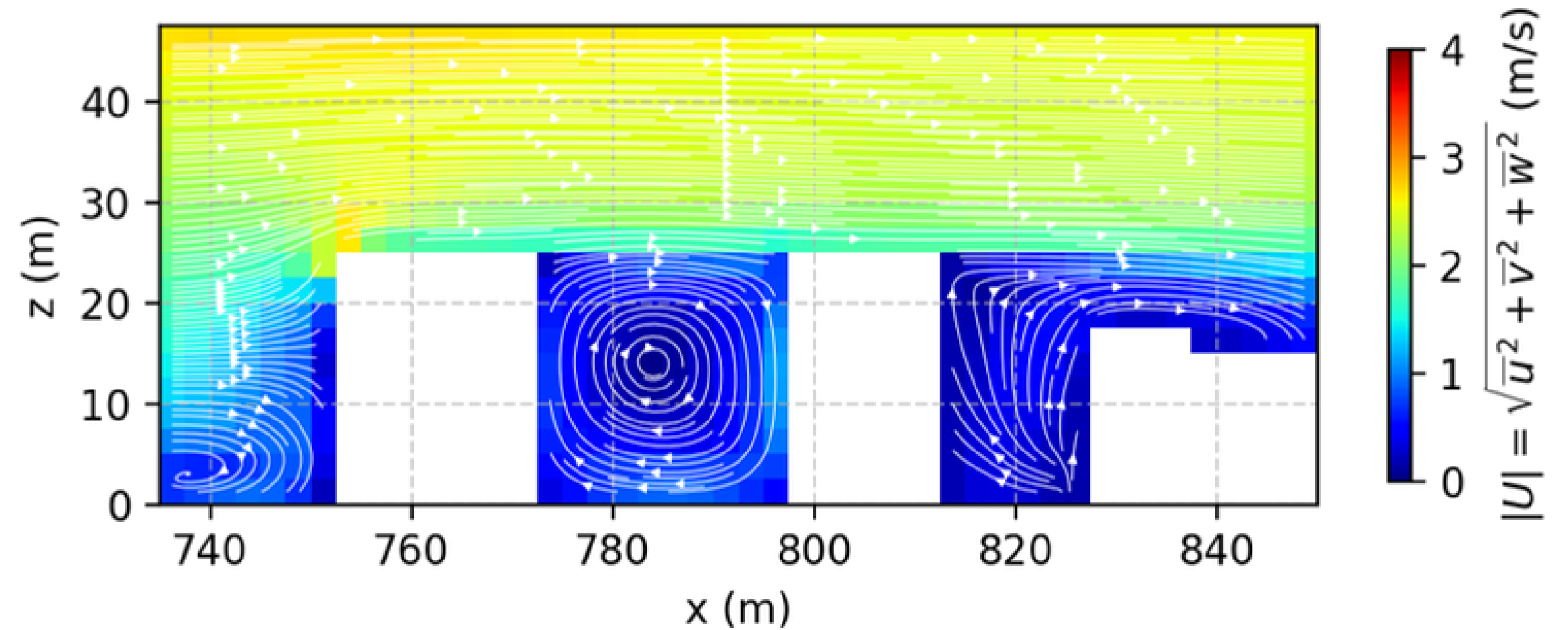
- Soufflerie : Source linéique de polluant (éthane)
- Mesures de concentration C^*
- Comparaison avec champ de vitesse numérique



COMPARAISON AVEC LA GÉOMÉTRIE 3D



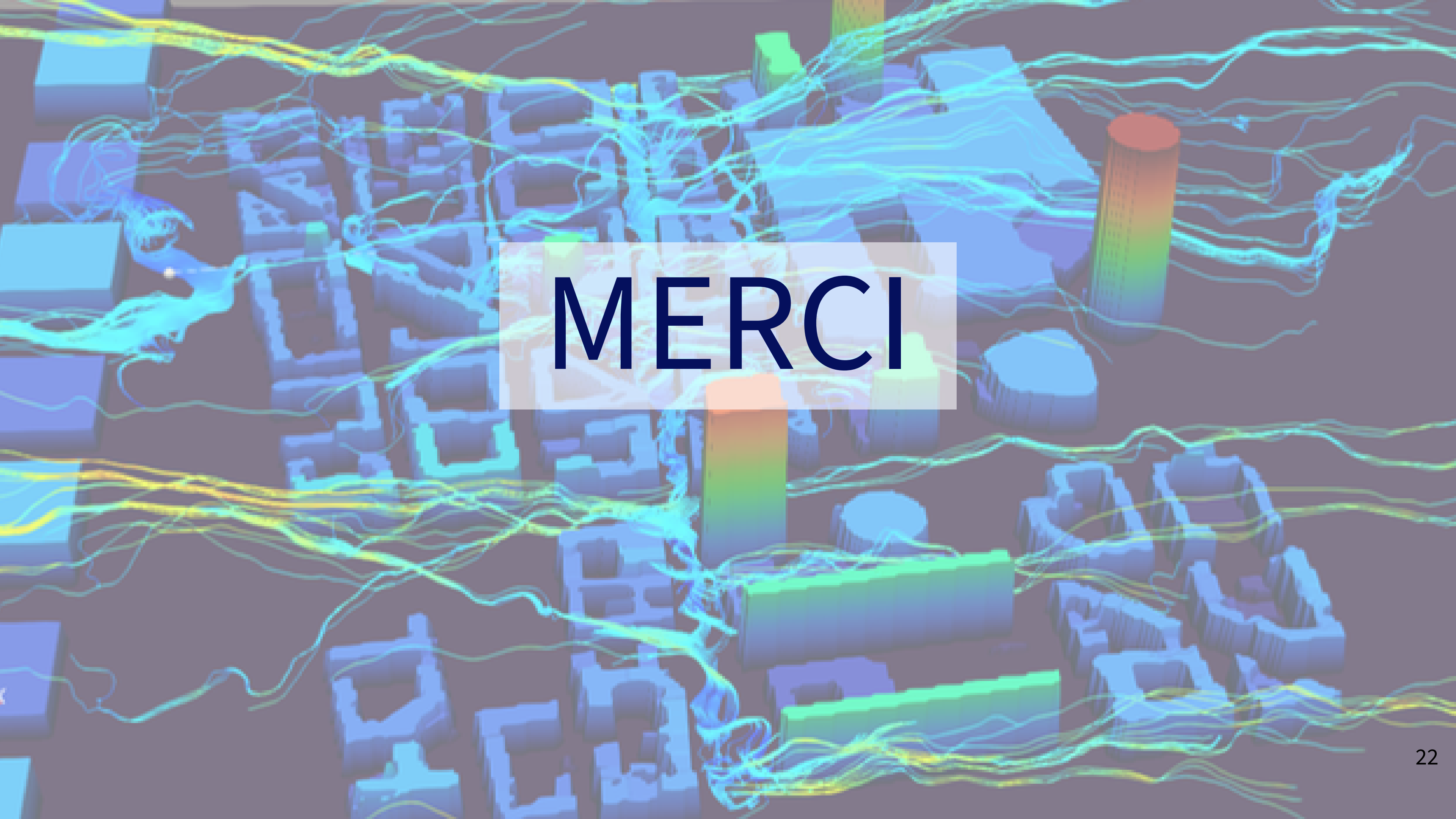
2D extrudé vs 3D



CONCLUSION

- Simulation de l'écoulement dans un quartier réel
- Quelques résultats majeurs
- Interactions complexes dans la géométrie
- Limites : domaine **étroit** et **pas suffisamment résolu**
- Enormément de possibilités d'analyse !



The background is a vibrant, abstract composition. It features a dense arrangement of 3D geometric shapes, including cubes, cylinders, and rectangular prisms, in various colors like red, yellow, green, and blue. These shapes are scattered across the frame, some appearing to float or be part of a larger structure. Overlaid on these shapes are numerous thin, flowing lines in shades of red, orange, and yellow, which create a sense of movement and energy, resembling smoke or liquid trails. The overall effect is a complex, layered visual that suggests a digital or scientific theme.

MERCI