

## Avis de Soutenance

Madame Marilina BARULLI

Mécanique des fluides

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Simulation aux grandes échelles de la dispersion de polluants dans une couche limite atmosphérique stratifiée stable*

dirigés par Monsieur Pietro SALIZZONI

Soutenance prévue le **jeudi 29 janvier 2026** à 9h00

Lieu : Ecole Centrale de Lyon, 36 Av. Guy de Collongue, 69130 Écully

Salle : Amphi 202, bâtiment W1

### Composition du jury proposé

M. Pietro SALIZZONI	Ecole Centrale de Lyon	Directeur de thèse
M. Alain PUMIR	Ecole Normale Supérieure de Lyon	Rapporteur
M. Ignacio PISSO	NILU	Rapporteur
Mme Ariane EMMANUELLI	Ecole Centrale de Lyon	Co-encadrante de thèse
Mme Ivana VINKOVIC	Université Claude Bernard Lyon 1	Examinatrice
Mme Stefanie GILLMEIER	Eindhoven University of Technology	Examinatrice
M. Massimo CASSIANI	Università di Trento	Invité
M. Massimo MARRO	Ecole Centrale de Lyon	Invité

**Mots-clés :** pollution atmosphérique, LES, couche limite atmosphérique stratifiée stable

### Résumé :

Dans les sociétés modernes, le trafic routier continu et les activités industrielles émettent des polluants qui affectent la santé humaine à court et à long terme. Des effets aigus résultent de pics de concentration intenses, lors d'accidents industriels par exemple, tandis que l'exposition chronique provient d'émissions persistantes, notamment celles liées au trafic urbain. Comprendre la dynamique des concentrations moyennes et fluctuantes de polluants est donc essentiel. Cette étude s'intéresse à la dynamique de la couche limite atmosphérique stable (SBL), une configuration particulièrement défavorable à la dispersion, car elle limite le mélange vertical et piège les contaminants près de la surface. Malgré plusieurs décennies de recherche, la dynamique turbulente des SBLs reste mal comprise, et seules quelques études ont traité de la dispersion. À notre connaissance, aucun travail n'a examiné systématiquement l'influence de la stabilité sur le battement à grande échelle (Gifford, 1959) et sur la dispersion relative à petite échelle (Monin, 1975) d'un panache. Quantifier ces processus requiert des champs de concentration spatio-temporels complets, un défi pour les expériences en laboratoire. Des simulations aux grandes échelles (LES) ont donc été employées pour étudier la dispersion d'un scalaire passif émis par une source ponctuelle élevée dans une SBL. Les résultats LES ont été validés à l'aide de données expérimentales existantes obtenues dans la soufflerie atmosphérique EnFlo de l'Université du Surrey. La première partie du travail a été consacrée à reproduire fidèlement, par LES, les statistiques des champs de vitesse et de température observées en soufflerie, ce qui a permis d'étudier ensuite la dispersion du polluant, en étendant l'analyse au battement et à la dispersion relative. Les dynamiques d'écoulement issues des LES et des expériences sont cohérentes : la stratification stable réduit l'intensité turbulente, et cette suppression est gouvernée par le terme de flottabilité, qui s'intensifie avec la stratification. Les LES surestiment ce terme, conduisant à un nombre de Prandtl turbulent ( $Prt$ ) inférieur à 1, en accord avec des résultats DNS antérieurs, tandis que l'expérience montre  $Prt > 1$ , comme dans la majorité des études en soufflerie et sur le terrain, soulignant l'absence de consensus sur l'évolution de  $Prt$  dans les SBLs. L'analyse de l'asymétrie ( $Sk$ ) et de la kurtosis ( $Ku$ ) indique que les composantes de vitesse restent proches du gaussien pour toutes les conditions de stabilité, tant en LES qu'en soufflerie, tandis que la température en LES présente un pic marqué de  $Ku$  à mi-hauteur sous stratification forte, associé à un  $Sk$  négatif et donc à des excursions négatives intenses. Ces statistiques servent de base à l'analyse de la dispersion scalaire. Les profils moyens de concentration latéraux et verticaux montrent qu'une stratification accrue confine le panache horizontalement et verticalement, réduisant son étalement, avec un excellent accord entre LES et expériences. L'augmentation de la stratification accroît la variance du scalaire à la hauteur de la source, avec des valeurs plus élevées en LES, notamment en aval, tandis que l'intensité globale des fluctuations diminue en raison de la suppression de la turbulence. L'analyse révèle que le battement domine près de la source, tandis que la dispersion relative devient dominante plus en aval ; tous deux diminuent avec la stabilité, mais la réduction du battement est plus prononcée, rendant la dispersion relative progressivement plus importante sous une stratification renforcée. De plus, une stratification plus forte retarde le développement complet du battement et accroît l'anisotropie, conduisant à un panache plus confiné verticalement qu'horizontalement.