

## Proposition de Sujet de thèse 2019

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :  
CNRM - UMR 3589 en collaboration avec ECMWF

Titre du sujet proposé : **Représentation de la turbulence dans les couches stables en altitude**

Nom et statut (PR, DR, MCF, CR, ...) des responsables de thèse (préciser si HDR) :  
Ricard Didier (HDR), Irina Sandu (DR), Eric Bazile

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :  
05 61 07 93 78 [didier.ricard@meteo.fr](mailto:didier.ricard@meteo.fr) (0044) 118 949 9730 [Irina.Sandu@ecmwf.int](mailto:Irina.Sandu@ecmwf.int)  
05 61 07 84 68 [eric.bazile@meteo.fr](mailto:eric.bazile@meteo.fr)

### Résumé du sujet de la thèse

Des conditions stables prévalent dans la couche limite continentale pendant la nuit ou bien durant l'hiver, ainsi que dans la troposphère libre et la stratosphère. Mieux représenter la turbulence dans ces conditions constitue un enjeu majeur pour les modèles atmosphériques, pouvant permettre d'améliorer aussi bien les prévisions des conditions météorologiques près de la surface, les prévisions de la circulation générale de l'atmosphère (Sandu et al., 2013), que les prévisions aéronautiques. En particulier, en altitude, les forts cisaillement de vent peuvent générer une intense turbulence pouvant causer des dommages importants aux avions et occasionner des blessures aux passagers. Ces forts gradients de vent ont de multiples origines, ils peuvent être associés aux courants-jets, aux déferlements d'ondes de gravité, liées aux enclumes convectives qui viennent exciter la tropopause ou à des ondes orographiques. La turbulence en altitude, qu'elle soit associée à de la turbulence en ciel clair (CAT), de la turbulence près des nuages (NCT) ou de la turbulence d'ondes orographiques (MWT) demeure encore un défi pour la prévision numérique du temps.

Les paramétrisations de turbulence basées sur une équation en énergie cinétique turbulente telle que Cuxart et al. (2000), actuellement utilisées dans les modèles de prévision numérique du temps opérationnels, reproduisent très mal la turbulence dans les deux régimes associés aux conditions stables : activité turbulente intense et continue en condition faiblement stable et activité turbulente plus faible et intermittente en condition très stable.

De récents travaux, menés au CNRM avec la thèse de Q. Rodier, ont permis de réduire la turbulence dans les couches limites faiblement stables en formulant une nouvelle longueur de mélange qui prend en compte le cisaillement de vent en plus de la flottabilité (Rodier et al 2017). Dans les cas des couches très stables, les schémas en énergie cinétique turbulente ont plutôt tendance à sous-estimer la turbulence. Un travail sur un schéma de turbulence avec deux équations pronostiques intégrant la production d'énergie potentielle, prenant en compte un mécanisme d'auto-préservation de la turbulence, n'a toutefois pas amélioré significativement la turbulence en régime très stable, du fait d'une dissipation trop forte. Il apparaît donc nécessaire de revisiter la paramétrisation de la dissipation, issue de Kolmogorov (1941), et supposant une structure isotrope de la turbulence sur une large gamme d'échelles, ce qui n'est plus vérifié en présence de fortes stratifications. Un travail de recherche spécifique est donc nécessaire.

Dans le cadre de cette thèse, on propose de s'intéresser à la représentation de la turbulence en régime très stable en altitude ; peu de travaux de recherches se sont en effet intéressés à ces conditions. Dans une première étape, on cherchera à caractériser les flux turbulents à l'aide de simulations à haute résolution (quelques mètres) de type LES (Large Eddy Simulations) réalisées à l'aide du modèle Méso-NH dans un environnement avec un fort cisaillement de vent.

Ces simulations de couches stables en altitude serviront ensuite de référence pour améliorer la paramétrisation de la turbulence pour des résolutions de l'ordre de quelques kilomètres (1-10 km). En particulier, un travail sera mené sur la formulation de la dissipation. On évaluera aussi l'impact des interactions entre convection profonde et turbulence, ainsi qu'entre ondes de gravité et turbulence en étudiant notamment le déferlement de ces ondes.

Enfin, les modifications proposées du schéma de turbulence seront évaluées dans les modèles de prévisions opérationnels (AROME, ARPEGE-IFS). En altitude, les simulations pourront être comparées à des données avions DFDR (digital flight data recorder), en particulier pour des estimations de l'énergie cinétique turbulente et de la dissipation (Scharman et al 2014). On prendra soin de s'assurer que les modifications du schéma de turbulence soient également pertinentes dans la couche limite et pour la prévision de la circulation générale. Ces travaux seront menés dans un cadre collaboratif entre le CNRM et le CEPMMT, des visites au CEPMMT sont notamment prévues.

#### Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Ce travail nécessitera la réalisation de LES sur de grandes grilles. Il a pour finalité de mieux représenter la turbulence en couches stables et d'évaluer les modifications de la paramétrisation de la turbulence dans les modèles de prévision opérationnels.

#### Profil des candidats:

- Master 2 ou une qualification équivalente en physique de l'atmosphère, en océanographie, physique de l'environnement ou en climat avant de débiter la thèse
- connaissances en physique de l'atmosphère
- une bonne pratique de l'anglais à l'écrit et à l'oral pour présenter des résultats scientifiques
- bonnes capacités en programmation et traitement de données (Fortran, Shell, Python ou similaire)
- expérience en modélisation numérique

#### **A propos du CNRM**

Le Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, [www.cnrm-game-meteo.fr](http://www.cnrm-game-meteo.fr)), est une unité de recherche mixte (UMR 3589) affiliée à Météo-France et au CNRS. Il regroupe 80 chercheurs et 150 ingénieurs, techniciens et personnels administratifs. Chaque année, le CNRM accueille entre 15 et 20 nouveaux doctorants.

#### **Candidatures :**

Les candidats devront envoyer une lettre de motivation, avec un CV, une copie de leurs diplômes avec le relevé de notes correspondantes, le résumé du sujet de leur Master, ainsi que le nom de deux personnes de référence incluant leur adresse email et leur numéro de téléphone avant la date limite.

La date limite pour postuler est le 1 Juin, 2019.

#### Références bibliographiques

- Cuxart, J., P. Bougeault, and J.-L. Redelsperger, A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 1-30, 2000a.
- Rodier, Q., Masson, V., Couvreux, F., & Paci, A. (2017). Evaluation of a Buoyancy and Shear Based Mixing Length for a Turbulence Scheme. *Frontiers in Earth Science*, 5, 65.
- Sharman, R.D., L.B. Cornman, G. Meymaris, J. Pearson, and T. Farrar, 2014. Description and Derived Climatologies of Automated In Situ Eddy-Dissipation-Rate Reports of Atmospheric Turbulence. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 53:6, 1416-1432.
- Sandu, I., A. Beljaars, P. Bechtold, T. Mauritsen, and G. Balsamo, Why is it so difficult to represent stably stratified conditions in numerical weather prediction (NWP) models?, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 5, 117–133, doi:[10.1002/jame.20013](https://doi.org/10.1002/jame.20013).