

## M2 SOAC (Sujet IENM3) : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : Centre National de Recherches Météorologiques - Toulouse

Titre du stage : Évaluation d'une modification du mélange turbulent dans le modèle AROME pour des situations convectives

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage :

Didier Ricard - CNRM/GMME/PHYNH – ICPEF (HDR),  
Rachel Honnert – CNRM/GMAP/PROC – ITM

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage :

[didier.ricard@meteo.fr](mailto:didier.ricard@meteo.fr) 05 61 07 93 78

[rachel.honnert@meteo.fr](mailto:rachel.honnert@meteo.fr) 05 61 07 85 19

Sujet du stage :

Les nuages convectifs peuvent être associés à une forte turbulence. Les forts gradients de vent, de température et d'humidité au sein du nuage et à ses bords sont en effet à l'origine d'intenses flux turbulents. Des travaux menés au CNRM ont montré que les modèles à la résolution kilométrique ont tendance à sous-estimer la turbulence sous-maille au sein des nuages convectifs (Verrelle et al., 2015). Notamment, on note une production thermique de la turbulence trop faible avec le schéma de turbulence actuel CBR (Cuxart et al, 2000) utilisé dans le modèle de recherche Méso-NH (Lac et 2018) et le modèle opérationnel à échelle fine AROME (Seity et al., 2011; Brousseau et al., 2016). Ce schéma utilise des formulations classiques dites en K-gradient : le flux turbulent vertical d'une variable est relié à l'opposé du gradient vertical de cette variable. Une formulation alternative des flux turbulents thermodynamiques basés sur des produits de gradients horizontaux (termes de Leonard), proposée par Moeng (2014), a été évaluée dans le modèle Méso-NH (Verrelle et al., 2017, Strauss et al., 2019). On a obtenu une meilleure représentation de la turbulence dans les nuages convectifs, notamment de son intensité et des structures dites à contre-gradient révélatrices d'une turbulence non locale. Ces termes de Leonard ont aussi été inclus récemment dans le modèle UKV du MetOffice avec pour effet une amélioration des prévisions avec une réduction des taux de fortes précipitations (Hanley et al, 2019).

L'objectif de ce stage est de mettre en œuvre et d'évaluer ce type de modification dans le modèle opérationnel AROME-France. Le modèle AROME-France a une résolution de 1,3 km avec 90 niveaux verticaux. La physique d'AROME est organisée en colonne, il est ainsi complexe d'obtenir des informations sur les points adjacents horizontalement. Le schéma de turbulence est ainsi utilisé en mode 1D (sans considération des échanges horizontaux). Des travaux récents menés au GMAP, permettent de transporter les gradients horizontaux d'une variable calculés dans la partie dynamique du modèle (servant en particulier à calculer l'advection des variables pronostiques) vers la partie physique (partie où sont appliquées les paramétrisations physiques).

Dans la première étape, il s'agira de finaliser le codage du transfert à la partie physique du modèle des gradients horizontaux de vitesses verticales, de température, de vapeur d'eau, d'eau nuageuse et de glace. Les flux turbulents verticaux de chaleur et d'humidité seront ensuite modifiés dans la troposphère libre en se basant sur des produits horizontaux des vitesses verticales avec la température et l'eau totale non précipitante au lieu de la formulation classique en K-gradient.

Dans une seconde étape, l'impact de ce schéma de turbulence modifié sera ensuite étudié sur des cas réels d'orages. On s'intéressera en particulier aux différences sur les vitesses verticales, les quantités des précipitations et les caractéristiques des cellules convectives (taille, durée, nombre ...)

Enfin, une évaluation plus objective avec les scores opérationnels sur une période plus longue (un ou deux mois d'été) sera menée afin d'estimer les bénéfices éventuels de cette modification, notamment pour les situations convectives.

L'introduction des gradients horizontaux dans le schéma de turbulence d'AROME constituera une première étape vers la mise en œuvre d'un schéma de turbulence 3D pour ce modèle. Ces travaux pourront être poursuivis en thèse.

## Références :

- Brousseau, P., Seity, Y., Ricard, D. and Léger, J. 2016 : Improvement of the forecast of convective activity from the AROME-France system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 142: 2231-2243.
- Cuxart, J., P. Bougeault, and J.-L. Redelsperger 2000, A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 1-30
- Hanley, K, Whittall, M, Stirling, A, Clark, P. 2019: Modifications to the representation of subgrid mixing in kilometre-scale versions of the Unified Model. *Q J R Meteorol Soc.* 2019; 145: 3361– 3375
- Moeng, C., 2014: A Closure for Updraft–Downdraft Representation of Subgrid-Scale Fluxes in Cloud-Resolving Models. *Mon. Wea. Rev.*, **142**, 703–715
- Lac, C., et al, 2018: Overview of the Meso-NH model version 5.4 and its applications, *Geosci. Model Dev.*, *11*, 1929-1969.
- Seity, Y., P. Brousseau, S. Malardel, G. Hello, P. Bénard, F. Bouttier, C. Lac, and V. Masson, 2011: The AROME-France Convective-Scale Operational Model. *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 976–991
- Strauss, C., D. Ricard, C. Lac, and A. Verrelle, 2019: Evaluation of turbulence parameterizations in convective clouds and their environment based on a large-eddy simulation, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, *145*, 3195-3217.
- Verrelle, A., D. Ricard, and C. Lac, 2017: Evaluation and improvement of turbulence parameterization inside deep convective clouds at kilometer-scale resolution, *Mon. Weather Rev.*, *145*, 3947-3967.
- Verrelle, A., D. Ricard, and C. Lac, 2015: Sensitivity of high-resolution idealized simulations of thunderstorms to horizontal resolution and turbulence parameterization, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, *141*, 433-448.