

## M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM

Titre du stage : Simulations d'un cas de transition de stratocumulus vers cumulus sur la Mer du Nord : analyse des processus microphysiques

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

Christine Lac, CNRM/GMME/PHY-NH,  
Sébastien Riette, CNRM/GMME/PHY-NH

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

Christine Lac, [christine.lac@meteo.fr](mailto:christine.lac@meteo.fr), 05 61 07 98 42

Sujet du stage :

Le régime de transition de stratocumulus vers cumulus (SCT) est probablement un des régimes les plus complexes à modéliser, de par la variété des processus physiques mis en jeu. Les SCT sont souvent pilotées par une advection nuageuse horizontale sur une surface plus chaude, comme par exemple sur les océans subtropicaux, ou à hautes latitudes lors de phénomènes appelés «cold air outbreak» (CAO). Dans la CAO s'ajoute une complexité supplémentaire qui est la présence d'hydrométéores mixtes (liquides et solides), avec une composition essentiellement d'eau liquide pendant la phase de stratocumulus, puis une partition eau liquide/glacée quand les nuages se développent verticalement en cumulus.

Un cas de CAO sur la Mer du Nord, associé à une campagne de mesures nommée CONSTRAIN, a fait l'objet d'exercices d'intercomparaison de modèles aux échelles kilométriques d'une part (*Field et al., 2017*), et aux échelles décimétriques (Large Eddy Simulation, *de Roode et al., 2019*) d'autre part, auxquels le modèle de recherche Méso-NH a participé. Ces intercomparaisons ont soulevé de nombreuses questions sur la capacité des modèles à reproduire la transition SCT.

La première problématique de ce stage concerne la microphysique. En effet, les simulations sont très sensibles au schéma microphysique, car la partition eau liquide/glacée pilote le cycle de vie de ces nuages.

Le modèle Méso-NH dispose de deux schémas microphysiques mixtes : le schéma à un moment ICE3, qui est opérationnel dans le modèle de prévision numérique du temps AROME, et qui diagnostique la répartition d'eau nuageuse entre les phases liquide et solide comme une fonction linéaire de la température; le schéma à deux moments LIMA, destiné à devenir opérationnel dans AROME, s'affranchit de cette hypothèse. Il tient compte de la concentration d'aérosols pour former des gouttelettes ou des cristaux de glace, mais suppose aussi un ajustement à la saturation par rapport à l'eau liquide pour diagnostiquer le contenu en eau nuageuse.

Les premiers résultats sur le cas CONSTRAIN montrent qu'ICE3 favorise l'eau nuageuse glacée au détriment de l'eau liquide, et ne produit pas suffisamment d'eau surfondue, tandis que LIMA produit essentiellement de l'eau liquide et sous-estime les contenus en glace, et ne reproduit pas correctement la transition SCT.

Il est donc nécessaire d'approfondir ces différences et de mener des tests dans chacun des schémas pour les faire tendre vers une évolution nuageuse plus proche des observations. On s'appuiera pour cela sur les bilans des hydrométéores aux résolutions hectométriques pour mieux comprendre les processus prédominants dans les deux schémas. Différents tests seront ensuite menés dans chacun des schémas.

La seconde problématique concerne la représentation de la SCT à la résolution kilométrique. A cette résolution, une partie des mouvements dans la couche limite nuageuse doit être paramétrisée par les schémas de convection peu profonde et de turbulence, et les simulations ont montré une forte variabilité des résultats en fonction des options choisies pour ces schémas. Le stage approfondira les simulations à l'échelle kilométrique, en menant différents tests de sensibilité sur les schémas de convection peu profonde, de turbulence et de nuage sous-maille et en s'appuyant notamment sur la simulation LES déjà disponible (62,5 m de résolution) considérée comme une référence car l'essentiel du transport y est résolu et ne dépend plus de paramétrisations.

Les résultats du stage pourront mener à la rédaction d'un article scientifique.

Field, P. R., R. Brožková, M. Chen, J. Dudhia, C. Lac, T. Hara, R. Honnert, J. Olson, P. Siebesma, S. de Roode, L. Tomassini, A. Hill, and R. McTaggart-Cowan, Exploring the convective grey zone with regional simulations of a cold air outbreak, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 143, 2537-2555, 2017.

de Roode, S. R., T. Frederikse, A. Siebesma, A. S. Ackerman, J. Chylik, P. Field, J. Fricke, M. Gryschka, A. Hill, R. Honnert, S. Krueger, C. Lac, A. T. Lesage, and L. Tomassini, Turbulent transport in the Gray Zone: A large eddy model intercomparison study of the CONSTRAIN cold air outbreak case, *J. Adv. Model Earth Syst.*, 11, 597-623, 2019.