

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**INGENIEURS DE L'ECOLE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE**

**FICHE DE PROPOSITION DE SUJET**

**Titre du sujet proposé : Amélioration de la représentation de l'eau surfondue dans AROME : Etude et validation à l'aide des données de la campagne RALI-THINICE**

**Organisme ou service proposant le sujet : DESR/CNRM/GMAP**

**Responsable principal du stage :**

Responsable principal (le responsable principal est l'interlocuteur direct de l'Ecole. C'est à lui, en particulier, que seront adressés les courriers ultérieurs) :

NOM : SEITY

Prénom : Yann

téléphone : 05-61-07-82-73

Mél : yann.seity@meteo.fr

Autres responsables : Sébastien RIETTE (CNRM/GMME)

**Le stage présente-t-il un caractère de confidentialité ? : Non**

Le stage peut-il être effectué à distance ?: Non

**1) Description du sujet – livrables attendus**

Avoir une représentation correcte de la présence d'eau surfondue (gouttelettes d'eau sous forme liquide à température négative) dans les modèles de prévision numérique du temps est un défi. Les enjeux sont importants pour le réalisme des nuages, mais aussi pour la prévision des phénomènes de givrage, pour lesquels Météo-France est attendu par les secteurs de l'aéronautique et de l'éolien. Les modèles opérationnels utilisés à Météo-France (AROME et ARPEGE) ont actuellement des approches différentes dans leurs paramétrisations physiques mais aucune d'entre elles ne donne entière satisfaction.

Dans AROME, des travaux menés ces dernières années en recherche au sein du CNRM mais aussi par des partenaires étrangers ont montré des pistes prometteuses d'améliorations au sein du schéma microphysique opérationnel ICE3.

Côté observations, a eu lieu en été 2022 au Svalbard, la campagne RALI-THINICE (<https://ralithinice.aeris-data.fr/>). Cette campagne de mesure d'un mois a permis d'échantillonner avec l'avion de recherche ATR42 de SAFIRE de nombreux systèmes dépressionnaires arctiques. L'avion était équipé de nombreux instruments (Lidar/Radars/sondes

microphysiques...) dédiés à l'observation des nuages et permettant de détecter et de quantifier la présence d'eau surfondue. Plusieurs observations de présence d'eau liquide surfondue au sommet d'une couche nuageuse ont par exemple été réalisées. Les modèles AROME et ARPEGE, dans des versions proches de l'opérationnel, ont été utilisés pendant la campagne pour planifier les plans de vol de l'avion. Toutefois, l'eau surfondue prévue par AROME s'est révélée nettement sous estimée voire inexistante. Un an après la campagne, la plupart de ces données sont disponibles et c'est donc le moment idéal pour tester et valider l'apport de modifications de certaines paramétrisations des modèles.

Le but du stage sera donc de tirer parti des observations de RALI-THINICE afin de valider diverses modifications du schéma microphysique ICE3 permettant à priori une meilleure représentation de l'eau surfondue dans le modèle. Le travail s'organisera par étapes :

- 1) Etude bibliographique de la représentation de l'eau surfondue dans les modèles
- 2) Choix d'une situation d'étude de la campagne et des modifications à évaluer.
- 3) Réalisation de simulations AROME
- 4) Comparaison avec les observations et sélection des meilleures simulations

En fin de stage, en fonction de l'avancement des travaux et des préférences du stagiaire, on pourra approfondir soit l'évaluation (en effectuant des calculs de scores de simulations sur une période longue, de l'ordre du mois, réalisées sur le domaine AROME-France et intégrant les modifications retenues), soit le développement des paramétrisations (proposition, implémentation et comparaison aux observations de nouvelles formulations tirant parti des enseignements acquis précédemment).

En parallèle de ce stage, des travaux sont aussi menés suite à cette campagne par des partenaires Norvégiens avec leur version d'AROME (HARMONIE-AROME) qui contient des modifications de la microphysique ICE3, dont certaines seront reprises pendant ce stage. Des échanges auront donc naturellement lieu avec eux au cours du stage.

Le travail donnera lieu à la rédaction d'un rapport de synthèse et d'une présentation orale des résultats.

## **2) lieu du stage, durée ou période**

Le stagiaire sera accueilli au CNRM/GMAP pendant la durée de son stage de 6 mois débutant au plus tôt en janvier 2024.

## **3) Quelques premières références sur le sujet**

Schéma microphysique ICE-T :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165232X20303864>

Observations de nuages arctiques :

<https://acp.copernicus.org/articles/17/12845/2017/acp-17-12845-2017.html>