

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

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

**FICHE DE PROPOSITION DE SUJET**

**Titre du sujet proposé : Impact de la représentation des erreurs d'analyse sur la prévisibilité des cyclones tropicaux**

**Organisme ou service proposant le sujet : CNRM/GMAP/RECYF-COOPE**

**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 : DESCAMPS

Prénom : Laurent

téléphone : 0561079357

Mél : laurent.descamps@meteo.fr

Autres responsables :

Pierrick Cébron ([pierrick.cebron@meteo.fr](mailto:pierrick.cebron@meteo.fr))

Carole Labadie ([carole.labadie@meteo.fr](mailto:carole.labadie@meteo.fr))

Olivier Nuissier ([olivier.nuissier@meteo.fr](mailto:olivier.nuissier@meteo.fr))

**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**

Deux principales sources d'incertitude coexistent et interagissent au cours d'une prévision numérique du temps : incertitudes sur les conditions initiales et sur les lois de l'écoulement. Un rôle majeur de la prévision d'ensemble est de les quantifier.

La PEARP (Prévision d'Ensemble ARPEGE) est le système de prévision d'ensemble global de Météo-France, sa résolution horizontale sera en 2022 de 5 km sur la France et 11 km à 25 km sur les DOM/TOM tropicaux, il atteindra ainsi la même résolution que le système déterministe de référence ARPEGE. La PEARP effectue 35 prévisions 4 fois par jour, jusqu'à 102 h d'échéance.

Les perturbations des conditions initiales de l'ensemble sont issues de l'ensemble d'assimilation global de Météo-France et d'une combinaison de vecteurs singuliers calculés sur plusieurs zones. L'erreur de modélisation sera représentée par deux schémas de convection

dont celui utilisé pour la version déterministe, et par une perturbation des paramètres de la physique pour les prévisions perturbées. La version déterministe d'ARPEGE fait office de membre non perturbé de contrôle pour l'ensemble.

La méthode de perturbation par vecteurs singuliers a été l'une des premières méthodes utilisées pour rendre compte de l'incertitude sur les conditions initiales. Les vecteurs singuliers sont des perturbations qui, calculées avec une norme donnée et sous hypothèse linéaire, croissent le plus vite sur une durée déterminée. Leur calcul nécessite l'utilisation d'un modèle linéaire tangent qui s'appuie sur une dynamique linéarisée et une version simplifiée de quelques paramétrisations physiques. Cette méthode, économe en coût numérique, vise à cibler des zones météorologiques instables.

Bien que plus récente, l'utilisation d'un ensemble d'analyses pour représenter l'incertitude dans les conditions initiales est aujourd'hui quasi-généralisée dans les systèmes opérationnels de prévision d'ensemble. Cette approche, coûteuse numériquement, a l'avantage de chercher à représenter le plus fidèlement possible l'incertitude des conditions initiales issues du processus d'assimilation de données.

Aujourd'hui ces deux approches coexistent dans PEARP comme dans la prévision d'ensemble du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme. Leurs intérêts ou efficacités respectifs restent un sujet de recherche et de débat et l'objet principal de ce stage sera d'évaluer leur apport dans la prévision des cyclones tropicaux. Dans cet esprit, et avec pour objectif une amélioration de la prévision d'ensemble cyclonique, une série d'expériences devra être mise en place. On cherchera plus précisément à tester la pertinence des perturbations de vecteurs singuliers opérationnelles actuellement.

#### Méthodologie envisagée :

La méthode actuelle est une perturbation issue d'un ciblage du calcul de vecteurs singuliers par bassin cyclonique avec norme énergie cinétique sèche. Des modifications dans le calcul des vecteurs singuliers (choix de la norme, période d'optimisation, zone de ciblage) seront essayées et comparées à une expérience de référence sans vecteurs singuliers. La ou le stagiaire travaillera à partir de données de prévisions numériques et d'observations. On utilisera les données de la PEARP disponibles sur les dernières années et sur l'ensemble des bassins cycloniques. Une première période du stage sera consacrée à un peu de bibliographie et à une prise en main des données. En tout premier lieu, l'impact de ces nouvelles perturbations initiales sera examiné à l'aide de quelques cas d'études : la chronologie de l'événement, l'intensité et les structures verticales et horizontales des cyclones seront étudiés. Si le temps le permet, on s'attachera ensuite à mettre en place différentes expériences numériques afin d'évaluer l'une ou l'autre des techniques de représentation de l'erreur initiale. Les évaluations impliqueront le calcul de scores « orientés objets » ainsi qu'une critique et une analyse météorologique des résultats. Si des résultats positifs sont obtenus, une stratégie différente de l'actuelle pourra être proposée pour de futures modifications dans PEARP.

#### Compétences requises :

- Solides compétences en python (manipulation de données scientifiques)
- Solides connaissances des méthodes d'évaluation des ensembles
- Connaissances en prévision numérique et en prévision météorologique

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

Ce stage de 6 mois se déroulera dans l'équipe RECYF du Centre National de Recherche Météorologique (CNRM), à Toulouse.