

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

Laboratoire : CNRM, **Centre National de Recherches Météorologiques - UMR 3589**

Titre du stage : Ensemble d'assimilations AROME

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

Yann MICHEL, chercheur HDR.

Loïk Berre, chercheur HDR.

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

+33 56107 8563 [yann.michel@meteo.fr](mailto:yann.michel@meteo.fr)

+33 56107 8455 [loik.berre@meteo.fr](mailto:loik.berre@meteo.fr)

Sujet du stage :

La prévision du temps à échelle fine est un enjeu majeur pour Météo-France. Elle s'appuie sur le modèle de prévision AROME développé au CNRM et sur son système d'assimilation de données, qui permet d'estimer l'état de l'atmosphère à partir des observations et de prévisions récentes. La prévision d'ensemble et la prévision déterministe avec AROME s'appuient au CNRM sur un ensemble d'assimilations devenu opérationnel en juillet 2018.

Cet ensemble est construit sur une approche de type Monte Carlo où l'ensemble des sources d'incertitudes sont perturbées. Pour AROME, on introduit des perturbations explicites des observations, une représentation de l'erreur modèle par perturbations stochastiques de la physique et une perturbation des conditions aux limites par un couplage avec l'ensemble d'assimilations globales. Cette approche entièrement stochastique est naturelle, mais elle a le défaut d'introduire un bruit d'échantillonnage au niveau de la contribution des erreurs d'observation notamment. La littérature autour du filtre de Kalman d'ensemble propose des schémas alternatifs dits en « racine carrée » qui ne souffrent pas de ce problème. Ces schémas ne sont généralement pas compatibles avec la formulation variationnelle de l'assimilation de données à l'exception du schéma dit DEnKF (Sakov and Oke 2008), qui évite la perturbation stochastique des observations au prix d'une approximation mathématique dans cette « racine carrée ».

Le but du stage est d'évaluer l'apport potentiel du schéma DEnKF dans l'ensemble d'assimilation AROME, en le comparant à la version stochastique traditionnelle. Le stage s'inclut dans le projet SuNDAE financé par l'ANR et ayant vocation à faire progresser la recherche au CNRM sur les aspects non-linéaires de l'assimilation variationnelle ensembliste.

La méthodologie comprend tout d'abord un versant théorique. Le schéma DEnKF s'écrit comme une équation linéaire matricielle et on se propose de dériver la version variationnelle, c'est-à-dire de dériver la fonction de coût dont le gradient correspond à ce schéma. Dans un deuxième temps, il faudra introduire dans le code cette dérivation, ce qui représente un exercice bien balisé mais qui toutefois nécessite une bonne connaissance du langage Fortran, qui sera perfectionnée au cours du stage. Les expériences numériques seront ensuite lancées et validées par des scores probabilistes qu'il faudra interpréter et mettre en relief, afin de répondre à la question posée : le schéma DEnKF est-il compétitif, voire même avantageux face à la formulation stochastique actuelle ?

### *Références*

*SAKOV, P. and OKE, P. R. (2008), A deterministic formulation of the ensemble Kalman filter: an alternative to ensemble square root filters. Tellus A, 60: 361-371*

