

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

Laboratoire : Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM)  
Groupe de Modélisation et d'Assimilation pour la Prévision (GMAP), Equipe OBS  
42, avenue Gaspard Coriolis, 31057 Toulouse

Titre du stage : Apport des radars spatiaux pour l'évaluation d'une inversion Bayésienne au cœur des nuages

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Philippe Chambon (chercheur), Ghislain Faure (ingénieur), Jean-François Mahfouf (chercheur)

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

Philippe Chambon : Téléphone : 05 61 07 85 78 ; Email : [philippe.chambon@meteo.fr](mailto:philippe.chambon@meteo.fr)  
Ghislain Faure : Téléphone : 05 61 07 86 28 ; Email : [ghislain.faure@meteo.fr](mailto:ghislain.faure@meteo.fr)  
Jean-François Mahfouf : Téléphone : 05 61 07 84 78 ; Email : [jean-francois.mahfouf@meteo.fr](mailto:jean-francois.mahfouf@meteo.fr)

Sujet du stage :

Les précipitations font partie des phénomènes météorologiques les plus difficiles à prévoir du fait de leurs fortes variabilités spatiale et temporelle. Elles sont pourtant un enjeu majeur en matière de prévision numérique, en particulier dans les Tropiques où des phénomènes violents peuvent provoquer des dégâts importants.

Un élément clé permettant d'obtenir de bonnes prévisions du temps réside dans la qualité des conditions initiales fournies à la modélisation numérique. Ces conditions initiales (ou analyses) correspondent à l'état courant de l'atmosphère, discrétisé sur la verticale et l'horizontale (à l'échelle kilométrique pour la génération de modèles dont il est question pour le stage proposé). Celles-ci sont obtenues par un processus mathématique appelé « assimilation de données » qui combine de manière optimale une prévision récente (appelée « ébauche »), avec de nouvelles observations (satellites ou non). Pour ce faire, une fonction de coût est définie puis minimisée ; celle-ci comporte plusieurs ingrédients dont une matrice de covariance d'erreurs d'ébauche ainsi qu'une matrice de covariance d'erreurs d'observations. Ces dernières reflètent les poids respectifs attribués à la prévision à courte échéance et aux observations dans le résultat final.

Pour les régions tropicales, les observations spatiales prennent une importance toute particulière dans la construction des analyses, car peu d'autres types d'observations sont disponibles en comparaison des moyennes latitudes. Pour la prévision des nuages et des précipitations, un type d'observation disponible très pertinent afin de contraindre l'analyse au cœur des nuages provient des instruments dans le domaine des micro-ondes à bord de satellites en orbite basse autour de la Terre. Météo-France développe une méthodologie pour extraire de ces observations un signal utile pour la prévision numérique dans les systèmes précipitants. Cette méthodologie dédiée repose sur un travail en deux étapes : (i) une inversion Bayésienne des observations satellitaires (ou radiances) vers une quantité plus facilement assimilable telle que l'humidité relative, (ii) l'assimilation de ces humidités relatives à travers un système variationnel (Caumont et al., 2010 ; Watrelet et al., 2014 ; Duruisseau et al., 2018).

Le travail proposé s'inscrit ainsi dans un projet de recherches visant à utiliser dans les systèmes d'assimilation de Météo-France les radiances nuageuses/pluvieuses dans le domaine des micro-ondes. Cette assimilation est particulièrement difficile compte tenu de la complexité des processus en jeu dans les nuages (non-linéarités, discontinuités). Les premiers résultats d'assimilation d'observations du satellite franco-indien Megha-Tropiques sur les prévisions du modèle global de Météo-France sont prometteurs (Duruiseau et al., 2018) et pourraient être améliorés grâce à une meilleure connaissance du contenu en information des résultats de l'inversion Bayésienne. En effet cette dernière permet de restituer des profils d'humidité, de température et d'hydrométéores (eau liquide nuageuse, glace, neige, pluie). Il est proposé d'utiliser les observations de plusieurs radars spatiaux, colocalisées dans l'espace et dans le temps (satellite GPM Core, instrument Dual frequency Precipitation Radar et satellite Cloudsat, instrument Cloudsat Precipitation Radar), afin d'évaluer la qualité des inversions Bayésiennes pour chaque type d'hydrométéores ; les trois fréquences des radars permettant d'observer à la fois le nuage et les précipitations en leur sein. Ce travail sera réalisé à partir des prévisions du modèle de fine échelle de Météo-France pour les régions Outre-Mer AROME. Il s'agira également d'étudier l'intérêt de faire évoluer la méthode Bayésienne implémentée actuellement utilisant une moyenne pondérée de profils atmosphériques en modifiant le noyau utilisé afin de mieux prendre en compte les non-gaussianités liées aux nuages et aux précipitations.

Les différents enseignements de ce stage pourront être valorisés dans de futurs systèmes opérationnels de Météo-France. Ce stage pourrait se prolonger par une thèse de doctorat.

