

# Concertation et structuration de la communauté scientifique française impliquée dans les études radars

## Compte-rendu de l'atelier des 19 et 20 Novembre 2019

### "Radars: Technologies, Méthodologies et Applications"

(Site de l'atelier R-TMA-2019 <https://r-tma-2019.sciencesconf.org/>)

**Comité d'organisation/ scientifique :** G. Delrieu,, B. Boudevillain (IGE), P. Javelle (IRSTEA), N. Gaussiat (MF/DSP/CMR), T. Montmerle (CNRM/GMAP), N. Yu (MF/DSP/CMR), H. Roquet (CNRM), Y. Lemaître (LATMOS), N. Viltard (LATMOS), J. Van Baelen (LACy)

N. Gaussiat / N. Yu / T. Montmerle / G. Delrieu

Janvier 2020

#### **I. Introduction**

Créés en 2017, les ateliers R-TMA sont devenus le lieu d'échange entre les principaux acteurs académiques et industriels nationaux impliqués dans l'observation de la Terre à partir de radars météorologiques au sol, aéroportés ou spatiaux. L'action de « concertation et de structuration de la communauté française, initiée en 2016 et à l'origine des deux premières sessions de ces ateliers ([Clermont-Ferrand, 2017](#) et [Palaiseau, 2018](#)), commence à porter ses fruits. Plusieurs groupes ont commencé à structurer leurs actions de R&D (échange de données, co-tutelles de stages) ou fait des propositions dans des groupes de travail spécifiques (GT précipitation, GT mono-statique). L'édition 2019 visait notamment à encourager une plus large participation des communautés des hydrologues et du spatial et à continuer les échanges entre académiques et industriels.

La participation a été une nouvelle fois très bonne avec près de 70 inscrits. La tenue du séminaire COMET "Moyens d'expérimentation radar en support aux missions spatiales", organisé cette année à Météo France par le CNES, immédiatement après l'atelier R-TMA, a notamment permis à plusieurs participants intéressés à la fois par les applications météo du radar et par la technologies, d'assister aux deux événements. De nombreux industriels étaient représentés (SELEX, Thales, +Novimet, Alliance Technologies, Predict, Degreane-Horizon, SNCF, ...).

L'atelier était organisé autour de quatre thématiques « Observations radar pour la météorologie et l'hydrologie », « Applications opérationnelles », « Nouvelles technologies et méthodologies », « Applications spatiales » avec un total de 20 communications orales et 3 posters.

L'objectif de ce compte rendu est de i) de synthétiser le contenu des présentations, ii) relever les actions qui ont pu émerger des discussions au cours de cet atelier et de la table ronde qui a suivi (coordination communauté prochain atelier, ..).

Ce compte-rendu sera en ligne sur le site de l'atelier (voir <https://r-tma-2019.sciencesconf.org/>). Il sera diffusé à l'INSU ainsi qu'aux organismes potentiellement concernés.

## **II. CR des sessions**

L'ensemble des présentations orales sont disponibles sur le site R-TMA 2019.

Applications opérationnelles (Chairman : Thibaut Montmerle) :

**Jonathan Gourley (NOAA/NSSL)** a ouvert la session sur les applications opérationnelles en donnant une vue d'ensemble du système de prévision des crues utilisé aux Etats-Unis. Le système FLASH (Flood Locations and Simulated Hydrographs) est opérationnel depuis 2016 et utilise en entrée le produit MRMS (NEXRAD-based Multi-Radar Multi-Sensor System). Le prochain système mettra en œuvre une prévision de crues probabiliste basé sur du Machine Learning et qui prend en compte l'incertitude radar. Les distributions de probabilités calculées sont représentées par des quantiles et des % de dépassement de seuil. Enfin Jonathan a présenté un projet particulièrement novateur d'utilisation de données des radars bande X embarqués sur des avions commerciaux (AirNet).

**Catherine Fouchier (IRSTEA)** a présenté la méthode AIGA, utilisée à Météo France pour les APIC et au SCHAPI pour Vigie Crue Flash, qui permet la qualification de la pluie observée en terme de durée de retour. La méthode utilise des chroniques de pluies au sol et de débits calculés à partir d'observations temps réel (Antilope, Panthère). Le couplage des lames d'eau Antilope 1H et Panthère 5' et l'utilisation directe d'Antilope 15 minutes sont à l'étude pour permettre l'actualisation de la prévision de crue à la fréquence 15'. Une limitation importante à l'anticipation de la prévision de crue est l'utilisation de données temps réel. L'utilisation des sorties d'AROME-PI en entrée de Vigie Crues Flash devrait permettre de mieux anticiper les phénomènes dangereux.

**Laura Schmidt (SNCF)** a montré le travail réalisé par la SNCF en collaboration avec l'IRSTEA pour développer TOUTATIS, un système d'alerte du risque d'éboulement induit par les fortes pluies. Ce système est utilisé pour déclencher la visite ciblée de portions du réseau ferré plus exposées que d'autres à ce risque. A chaque site à risque sont associés des seuils pluviométriques de vigilance et d'alerte spécifiques, établis à partir des chroniques d'incidents et de mesures de pluies Coméphore/Panthère des 12 dernières années. Le taux de fausse-alerte de TOUTATIS reste trop important pour les équipes de maintenance. Cependant, l'utilisation d'un modèle pluie-débit permettrait d'en réduire le nombre de façon significative.

**Valérie Vogt (Météo France)** propose des améliorations de l'algorithme d'identification des échos non météorologiques utilisé à Météo-France. Le « coefficient de dépolarisation » suggéré par F. Fabry et A. Kilambi et al. (2018) est un paramètre particulièrement efficace pour distinguer l'air clair de la pluie et a été intégré à l'algorithme de logique floue. L'identification de l'air clair est nettement améliorée, ce qui devrait profiter à la production automatisée et à l'assimilation de donnée. L'évolution est proposée pour une mise en opérationnel en 2020.

**Maud Martet (CNRM)** a présenté une analyse de l'impact de l'assimilation des données volumiques radars européennes dans le modèle AROME. Maud montre que la qualité des données radars joue un rôle déterminant dans la qualité des prévisions. Les échos non météorologiques non éliminés ou non identifiés, comme ceux induits par les éoliennes ou les échos d'air clair peuvent induire des erreurs importantes que les différences entre observation – échauche (innovations) mettent en évidence. Ces erreurs conduisent à limiter le nombre d'observations assimilables ce qui réduit d'autant l'impact de l'assimilation des données radar.

### Applications spatiales (Chairman : Guy Delrieu) :

**Alain Mallet (CNES)** a donné une vue d'ensemble des activités en instrumentation micro-onde du CNES. Les principes des différents systèmes de mesure (altimètre, diffusiomètre, radiomètre, SAR) sont rappelés rapidement grâce à une présentation remarquablement pédagogique et dynamique. L'idée d'une plateforme générique d'expérimentation radar est évoquée, cette plateforme pourrait servir à l'étude de futurs systèmes y compris les futurs radars météorologiques embarqués ou au sol. Des logiciels de simulation radar en licence libre pourraient également voir le jour.

### Nouvelles technologies et méthodologies (Chairmans : Guy Delrieu / Brice Boudevillain) :

**Guillaume Thomas (CNRM)** a présenté les progrès réalisés récemment vers une assimilation directe 1D des variables polarimétriques. L'analyse des innovations montre que les plages des variables simulées sont semblables à celle observées sur les pluies suffisamment fortes pour Zhh et ZDR. L'opérateur d'observation est difficile à linéariser du fait de la présence de seuils. Une approche basée sur le calcul de Jacobiens par différences finies est présentée. Cette approche a permis de montrer que la sensibilité des variables KDP et  $\rho_{hv}$  au contenu en hydrométéores est très faible, notamment pour les hydrométéores glacés. Des tests d'assimilation en 1D-EnVar et 3D-EnVar sont prévus dans le cadre de la thèse de Guillaume.

**Thibaut Montmerle (CNRM)** a donné une perspective plus globale sur les principes et les performances de l'assimilation EnVar appliquée aux données radar. Dans l'EnVar les covariances des erreurs de prévision sont obtenues par une approche de type Monte-Carlo à partir d'un ensemble de prévisions. Les covariances échantillonnées, après avoir été filtrées par une procédure de localisation, permettent de produire des incréments d'hydrométéores à partir de des incréments des variables « classiques » (U, V, T, q, Ps). L'analyse de ces champs est principalement obtenue par l'assimilation directe de la vitesse radiale et indirecte (méthode bayésienne 1D) de la réflectivité radar, qui permet de générer des pseudo-observations de RH. Le travail sur l'assimilation directe 1D des variables DPOL présenté par Guillaume Thomas s'inscrit dans ce schéma global pour remplacer l'assimilation indirecte de la réflectivité radar.

**Tony Le Bastard (Météo-France)** a présenté une nouvelle méthode de correction du profil de réflectivité (PVR) qui utilise des PVR simulés dans son voisinage par le modèle AROME-PI afin de déterminer le profil le plus probable. Cette méthode tire parti de la capacité du modèle à restituer des profils de précipitation plus réalistes que ceux utilisés dans la méthode opérationnelle actuelle. De plus, cette méthode permet de disposer d'un profil par pixel alors que la méthode actuelle détermine un seul profil pour tout le domaine radar. Le résultat est une amélioration très significative des scores radar-pluvios sur les zones masquées et lors de passage de front.

**Yvon Lemaître (LATMOS)** a fait un rappel très utile des méthodes d'inversion développées et mises en œuvre par le LATMOS pour analyser la microphysique des nuages et des précipitations. Ces méthodes utilisent les données des radars en bande X (Roxy) et W (Basta, Rasta) également développés par le LATMOS (§ présentation de **Christophe Le Gac** et posters). Les campagnes ATMOS-PRECIP (Trappes 2016-2017) et EXAEDRE (2018) sont actuellement exploitées pour valider ces algorithmes.

**Christophe Le Gac (LATMOS)** a présenté les progrès réalisés et les difficultés rencontrées dans le développement d'un radar FMCW monostatique. Plusieurs aspects techniques doivent être traités (addition d'un signal déphasé, adaptation d'impédance) pour améliorer l'isolation

émission/réception. L'industriel BOWEN est intéressé par le sujet ce qui ouvre des perspectives.

**Baptiste Doms (Degreane Horizon)** a présenté deux types de radars développés et maintenus par Degreane Horizon qui fonctionnent sur le principe de la diffusion de Bragg : les profileurs vent et les radars côtiers de mesure des courants océaniques. Il a ensuite présenté la méthode d'estimation de Burg, une catégorie de filtre auto régressif destiné à améliorer le rapport signal à bruit.

Observations radars pour la météorologie et l'hydrologie (Chairmans : Yvon Lemaître, Pierre Javelle)

**Jacques Testud (Novimet)** a appliqué l'algorithme Z-PHI à l'estimation quantitative de la précipitation glacée. Dans la neige, l'atténuation est faible mais la rotation de phase est importante du fait du facteur de forme des particules glacées. La normalisation par  $N0^*$  réduit la dispersion de la relation entre Z et IWC. Le calcul de  $N0^*$  reste analytique. La seule différence est que  $N0^*$  varie le long d'une radiale ce qui implique un calcul sur des segments successifs et non sur la totalité de la radiale.

**Brice Boudevillain (IGE)** a présenté les résultats des campagnes d'étude des précipitations glacées menées dans les Alpes et en Antarctique. La caractérisation de ces précipitations est importante pour la paramétrisation et la validation des modèles de climat. Les radars profileurs au sol produisent des informations complémentaires à celle obtenues par EARTHCARE et CALIPSO.

**Natalia Parisotto Sinhori (CNRM)** a étudié la capacité du modèle MESO-NH ( $dx=500m$ ) à simuler les signatures polarimétriques observées par les radars à double polarisation pour deux schémas microphysiques IC3 (un moment) et LIMA (deux moments). Pour un cas d'orage idéalisé, les deux schémas sont capables de produire les colonnes de KDP et ZDR mais pour les deux modèles, les anneaux de roHV sont faibles et ceux ZDR inexistant dans la couche de mélange. Comparativement à ce qui est obtenu avec ICE3, les simulations de Zdr et de Kdp sont surestimées avec LIMA dans les plus fortes précipitations. Une piste d'amélioration est d'accroître la résolution verticale de la couche de mélange.

**Alistair Bell, (CNRM)** utilise la synergie entre un radar profileur à 95GHz et un radiomètre micro-onde pour restituer les profils de LWC dans le brouillard. Cette restitution se base sur l'utilisation d'un 1DVar appliqué à des profils prévus par le modèle AROME. Le but de sa thèse en cours est d'évaluer la capacité de ce modèle à prédire l'occurrence et l'extension verticale des nappes de brouillard. Une approche bayésienne est tout d'abord utilisée pour sélectionner un profil AROME optimal à comparer avec les observations de réflectivité. Les erreurs de prévisions entre les observations simulées à partir de ce profil et les observations des profileurs sont ensuite minimisées grâce au 1DVar.

**Nan Yu (Météo-France)** a montré comment la relation d'auto-consistance entre les variables polarimétriques pourrait être utilisée opérationnellement à Météo France pour contrôler la calibration des radars. La méthode proposée par Gourley et al 2008 donne des résultats qui ne dépendent pas du filtre utilisé pour calculer le KDP. Cette méthode est donc nettement plus stable que celle proposée par Ryzhkov et al 2005. Une idée qui résulte de ce constat serait d'utiliser la méthode proposée par Ryzhkov non plus pour calibrer le radar mais pour adapter la longueur du filtre au type de précipitation.

**Hassan Al Sakka (Leonardo Germany GmbH)** a développé des outils de monitoring des variables polarimétriques et d'inter-comparaison des données d'un ou plusieurs radars. Ces outils doivent permettre de mieux suivre le fonctionnement des radars, d'analyser les problèmes potentiels pour les corriger rapidement et garantir la qualité des produits.

**Guy Delrieu (IGE)** s'intéresse au biais conditionnel de la lame d'eau radar. Les études réalisées sur les données de la mosaïque radar de Météo-France sur la période 2008-2014 dans la région Cévennes-Vivarais montrent que le biais conditionnel est significatif pour les intensités supérieures à 5 mmh-1 avec des sous-estimations qui atteignent par exemple 20% pour 60 mmh-1. L'utilisation d'un exposant de 1.5 permet de maîtriser ce biais conditionnel sur l'ensemble du jeu de données disponible. L'analyse des données du réseau de disdromètres déployé dans les Cévennes pendant la campagne HyMeX confirme la forte dépendance de la relation Z-R au type de pluie et donc l'importance d'une adaptation de cette relation que ce soit via la polarimétrie ou par l'analyse automatique de la morphologie des champs de réflectivité radar.

**Nikola Besic (Météo-France)** a proposé d'ajouter des nouveaux poids à l'algorithme de mosaïquage multi-site de la lame d'eau radar. Ces nouveaux poids sont particulièrement adaptés aux erreurs induites par l'atténuation en bande X (atténuation du radôme, de la couche de mélange). Leur application aux radars de St Rémy et du Moucherotte montre une amélioration substantielle des scores de la mosaïque de lame d'eau autour de ces radars.

### **III. CR de la table ronde, impressions du Comité Scientifique**

Le débat animé par Nicolas Gaussiat (Météo-France DSO/CMR) avec la participation de Pierre Javelle (IRSTEA), Thibaut Montmerle (CNRM), Yvon Lemaître (Latmos) et Guy Delrieu (IGE). La table ronde commence par des remarques d'ordre général des participants sur les contenus des présentations de l'atelier.

Pierre Javelle a trouvé que les présentations faites sur l'amélioration et l'utilisation des lames d'eau sont intéressantes mais regrette qu'aucune proposition de produit d'incertitude (très utile pour des hydrologues) n'ait été présentée. Nicolas Gaussiat indique qu'un projet de R&D sur les erreurs de la lame d'eau va pouvoir reprendre à DSO/CMR avec l'arrivée d'Alexane Lovat qui vient de rejoindre le CMR après avoir terminé une thèse en hydrologie.

Thibaut Montmerle souligne qu'avec l'assimilation d'observations radars supplémentaires on assimile indirectement des informations sur le type de précipitation, ce qui représente un potentiel d'amélioration intéressant pour l'analyse et la prévision des précipitations et de la couverture nuageuse. Cependant il rappelle aussi les limites actuelles de l'assimilation (la sensibilité des variables, les incertitudes dans les schémas microphysiques à 1-moment et 2-moments). Nicolas Gaussiat pose une question ouverte sur la distribution des particules (e.g. la distribution de goutte) dans les modèles numériques. Il suggère que l'utilisation de  $N0^*$  dans le schéma microphysique pourrait être plus pertinente.

Nicolas Gaussiat mentionne la production de la nouvelle lame d'eau avec l'estimateur de KDP à partir du juillet 2019. Le CMR a envie d'avoir des retours utilisateurs (e.g. IRSTEA). Il s'intéresse particulièrement à l'impact de cette nouvelle lame d'eau sur le déclenchement de l'alerte pluie inondation. Nicolas trouve que les méthodes de filtrage du bruit présentées par Yvon Lemaître et par Baptiste Domps sont très intéressantes et pourraient être exploitées pour améliorer le traitement données radars aux faibles valeurs de SNR.

Guy Delrieu suggère qu'il faut bien distinguer les traitements des radars en montagne et en plaine. Il souligne l'utilisation des scores (benchmarks récents) pour évaluer la qualité de la lame d'eau. L'IGE poursuit des travaux sur l'estimation des précipitations liquides et solides

dans la région grenobloise. La convergence entre observation (radar et *in-situ*) et modélisation numérique paraît indispensable pour affronter les difficultés inhérentes en haute-montagne.

Yvon Lemaître rappelle que l'objectif du R-TMA est de favoriser des collaborations entre des acteurs publics et privés. Il regrette l'absence de la participation du LAMP (*Laboratoire de Météorologie Physique*). Il trouve que la présentation et la collaboration sur l'application du radar RASTA est intéressante, cependant, il pense aussi qu'il n'y a pas assez d'interaction entre des modélisateurs et des observateurs.

Il constate quelques sujets intéressants en phase avec les préoccupations soulignées lors du dernier R-TMA:

- actions sur la caractérisation du PVR.
- sujet radar mono-statique.
- mutualisation des moyennes et des expériences sur la calibration des instruments
- des besoins et attentes des modélisateurs sur instruments (nouveaux paramètres, résolution spatiale et temporelle des paramètres, contrôle qualité etc.)

Nicolas Gaussiat pense qu'une collaboration renforcée avec le CNES sur le développement des nouveaux radars et sur l'algorithmie est possible. Comme l'a proposé Alain Mallet dans sa présentation un partage des moyens et des connaissances sur la polarimétrie radar en particulier. Yvon Lemaître exprime son soutien à cette idée.

Sur les propositions de sujets pour le prochain R-TMA, Guy Delrieu souhaiterait plus d'échanges sur les erreurs d'observation et du modèle. Yvon Lemaître voudrait une session sur l'observation à fine échelle. Nicolas Gaussiat propose qu'un recensement des sujets intéressants soit fait près des participants de R-TMA avant proposer le programme. Il propose aussi d'adapter la fréquence de l'atelier (une fois par an ou tous les deux ans) pour laisser assez de temps aux participants d'apporter des sujets nouveaux et de faire états de progrès suffisants.

L'organisateur du prochain R-TMA sera décidé à la réunion du comité et communiqué ultérieurement.

L'impression générale du Comité Scientifique est que l'atelier s'est encore une fois très bien déroulé avec une audience active et intéressée. Il se confirme également une forte participation des acteurs industriels et un enthousiasme déclaré pour l'action en cours de la communauté recherche/opérationnelle.