



## Les Cahiers de l'Atelier

### ***Radars:***

***Technologies, Méthodologies et Applications en Météorologie et au-delà***

**R-TMA-2017**

Campus Universitaire des Cézeaux  
Université Clermont Auvergne  
Clermont Ferrand

***Lundi 6 et mardi 7 novembre 2017***



***"Radars: Technologies, Méthodologies et Applications en Météorologie et au-delà"***

## **R-TMA-2017**

Campus Universitaire des Cézeaux  
Université Clermont Auvergne  
Clermont Ferrand

*Lundi 6 et mardi 7 novembre 2017*

L'objet de cet atelier est de fournir un forum d'échange et de discussion sur les développements technologiques et méthodologies ainsi que sur les applications radar, non seulement dans le domaine de la météorologie, mais également dans un contexte d'ouverture interdisciplinaire large aux domaines de la recherche et de l'étude du système terre et de l'univers, sans restriction de technique radar, de type de support ou d'objet d'étude.

Organisé autour de présentations orales, posters et tables rondes, il s'adresse à l'ensemble des acteurs: chercheurs, ingénieurs et industriels, impliqués dans les divers aspects des technologies radars et de leurs applications afin de stimuler échanges et collaborations.

**Les présentations orales et les posters sont en ligne sur le site de l'atelier :**

**<https://radars.sciencesconf.org>**

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

## Compte-rendu de l'atelier des 6 et 7 novembre 2017

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

(Site de l'atelier R-TMA-2017 <https://radars.sciencesconf.org>)

**Comité d'organisation / scientifique** : G. Delrieu (IGE), P. Javelle (IRSTEA), N. Gaussiat (MF-DSO), P. Kern (CNRS/INSU), Y. Lemaître (LATMOS), J. Parent du Chatelet (MF-CNRM), J. Van Baelen (LaMP)

**Laboratoires participants** : CNRM, CMR-DSO-Météo-France, Centre Emile Durkheim, Espace-Dev, IGE, IRAP, IRSTEA, IUT ISTERre, LA, LATMOS, LaMP, LMV, LOA, MOI, ONERA, OPGC, OVPF, RHEA, University of Leicester.

**Industriels** : Alliance Technologies, ATEM, EXWEXs, GAMIC, Météomodem, NOVIMET, ARCTHALESAIRSYSTEMS, Société ATEM, Weather Measures

**Autres** : Ville de Nîmes

Y. Lemaître & J. Van Baelen

Novembre 2017

#### **I. Introduction**

L'organisation de cet atelier trouve sa genèse dans le processus de "Concertation et structuration de la communauté scientifique française impliquée dans les études radars" entamée début 2016. En effet, une enquête/sondage d'intérêt réalisée auprès de la communauté OA et SIC le **29 Janvier 2016** a conduit à la mise en place d'un groupe de réflexion autour des thématiques "radar", groupe qui a ensuite tenu des réunions régulières (*compte-rendu*: [https://radars.sciencesconf.org/data/pages/CR\\_Concertation\\_Radars.pdf](https://radars.sciencesconf.org/data/pages/CR_Concertation_Radars.pdf)).

Ainsi, cet atelier:

- fait suite à la **réunion initiale du 19 avril 2016** au cours de laquelle ce groupe a pu finaliser un état des lieux des laboratoires/équipes actifs dans le domaine au niveau national, établir les questions fondamentales/fédératrices qui pourraient animer ce groupe .
- est dans la continuité de la **réunion du 23 Septembre 2017** qui a entamé des discussions concernant le mode de fonctionnement et l'animation future de ce groupement et aux actions et projets qui pourraient être réalisés (*voir Compte-rendu correspondant*). Au cours de cette dernière réunion il a été décidé d'organiser un colloque à l'automne 2017 en vue de 1°/ renforcer les échanges au sein de cette communauté tant sur les aspects technologiques, méthodologiques qu'applicatifs en particulier opérationnel, mais aussi 2°/ d'élargir son audience vers les autres domaines au sein de l'INSU/INEE (terres solide, océan, surfaces

continentales) ainsi que vers les autres types d'applications techniques (satellites, cartographie, ..) et/ou sociétales (impact des événements extrêmes), et enfin 3°/ d'interagir avec la recherche et le développement technologique au travers des SPI et des industriels.

- et enfin, l'organisation de cet atelier a été discutée lors de la **réunion du 10 mars 2017** au cours de laquelle des pistes d'organisations formelles ont pu être également débattues tel qu'un réseau technologique ayant pour objet la mise en commun d'expertise en R&D sur de nouvelles technologies, un GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique) avec une base institutionnelle la plus large possible INSU, Météo France, IRSTEA, IFSTARR, industriel, ....

L'objet de cet atelier était donc de fournir un forum d'échange et de discussion autour des réalisations et développements technologiques et méthodologies ainsi que des applications radar, non seulement dans le domaine de la météorologie, mais également dans un contexte d'ouverture interdisciplinaire large aux domaines de la recherche et de l'étude du système terre et de l'univers.

Les différentes discussions organisées autour de présentations et d'une table ronde, avaient pour but d'appréhender globalement les radars en sciences, de faire l'état des lieux technologiques et méthodologiques, de présenter les applications opérationnelles et sociétales correspondantes, d'investiguer les technologies du futur et les nouvelles approches méthodologiques, de s'intéresser aux domaines de recherche et développement au-delà des sciences atmosphériques et (hydro)météorologiques, et enfin d'établir les perspectives industrielles dans ces domaines.

L'objectif de compte rendu est de synthétiser i) le contenu des présentations, ii) les discussions qui ont pu avoir lieu au cours de cet atelier et en particulier lors de la table ronde en mettant en exergue les grandes questions et propositions, et pour finir iii) les impressions du comité scientifique avec la projection des actions futures (coordination communauté, prochain atelier, ..).

Les présentations orales et posters de cet atelier sont en ligne sur le site de l'atelier ainsi que ce compte-rendu (voir <https://radars.sciencesconf.org>). Ils seront diffusés à l'INSU ainsi qu'aux organismes potentiellement concernés.

## **II. Compte-rendu des sessions**

L'atelier s'est organisé autour de 4 sessions thématiques intitulées "Radars météorologiques: Techniques et Applications", "Autres applications radars», "Sciences atmosphériques autour des précipitations et nuages», "Produits radars et aspects méthodologiques", et d'une session poster et d'une table ronde. Il compte 49 inscrits et a recueilli 26 contributions plus une demi-douzaine de posters "libres".

L'atelier a vu l'intervention d'un grand nombre d'acteurs, chercheurs, ingénieurs et industriels, (voir liste des laboratoires et industriels en entête) impliqués dans les divers aspects des technologies radars et de leurs applications, dans les domaines des surfaces continentales et océaniques, hydrologiques, hydrométéorologiques, météorologiques, ionosphériques, du volcanisme, du suivi de l'environnement, de la navigation aérienne et du développement durable. Il a donc permis de réunir des utilisateurs et des développeurs d'instrumentations radar répondant à un large panel. Certains de ce travaux reposent sur une

synergie Météo France / laboratoires (cf CEN, IGE-LTHE,...) qui a fait l'objet de discussions lors de la table ronde (voir CR ci-dessous).

Tout au long de ces deux journées, il a pu être ainsi constaté la grande expertise de la communauté dans l'exploitation de ce type de données, dans le développement de nouvelles technologies radar et dans le développement d'algorithmes permettant d'inverser ces données pour accéder aux paramètres géophysiques.

Il a pu être également constaté la grande force des PME françaises dans le domaine de la météorologie et de l'hydrométéorologie du fait de leur fort lien avec la communauté recherche qui a facilité le transfert d'expertise entre ces deux acteurs.

On peut distinguer plusieurs types d'activités exploitant la technologie radar: la R&D instrumentale, le développement de capteur, l'algorithmie radar (amélioration, développement), la fusion de données multi-capteurs, la documentation du milieu, l'étude des processus dynamique et microphysique, la simulation instrumentale et de l'interaction onde-milieu, la prévision météorologique (en particulier immédiate et du brouillard) et hydrologique, la détection temps réels (turbulence), le développement de systèmes autonomes radar, l'apport de la mesure de précipitation sur la gestion durable des eaux, et sur la prévision d'inondation et de pollution des réseaux d'assainissement, l'apport d'interférogramme dans le domaine .

La R&D instrumentale concerne en particulier l'exploitation d'émetteur à état solide de faible puissance à émission continue et des techniques d'analyse « temps réel » correspondantes, et l'exploitation d'antenne à balayage électronique. Ces deux types de technique présentent des enjeux importants car elles permettraient une exploitation plus aisée de systèmes radars dans des régions à forte densité de population avec par exemple des applications en météorologie urbaine, ou seraient plus facilement implémentables sur plateforme spatiale.

Le développement instrumental concerne plus particulièrement les radars en bande X ou en bande W exploitant pour certains d'entre eux la mesure polarimétrique en sus du Doppler.

Les travaux algorithmiques portent sur l'amélioration ou le développement de méthodes d'identification, de correction ou d'élimination des effets perturbateurs de la mesure radar comme l'atténuation, les échos fixes/masques. Ils portent également sur l'exploitation de ces effets perturbateurs pour obtenir des informations complémentaires à celles déjà documentées telles que les propriétés thermodynamiques de la couche limite (réfractivité) exploitant les échos fixes ou la microphysique des nuages exploitant l'atténuation différentielle. Ces travaux algorithmiques concernent également le développement de méthodes multifréquences ou exploitant les spectres radar pour accéder aux paramètres microphysiques.

La fusion de données multi-capteurs concerne les précipitations au sol et les propriétés microphysiques et repose sur des techniques statistiques ou d'assimilation.

La documentation du milieu concerne en particulier, les précipitations solides en haute montagne ou en antarctique, les propriétés microphysiques (phase glace et liquide) des systèmes nuageux et précipitants à fort impact climatique, météorologique, ou hydrométéorologique, la turbulence atmosphérique en particulier dans la couche limite, les propriétés des surfaces océaniques, les panaches de cendres volcaniques, la déformation des

surface terrestres, l'occupation des sols et, de là, l'impact sociétal (socio-économique, sanitaire) correspondant.

La simulation instrumentale et de l'interaction onde-milieu concerne en particulier l'instrumentation spatiale est porte par exemple sur de futurs projets spatiaux de capteurs radar Doppler polarimétrique

La détection en temps réel concerne la navigation aérienne et plus particulièrement la détection des tourbillons de sillage ou de relief en zone aéroportuaire.

Dans la liste des activités identifiées par la communauté, on note cependant l'absence dans cet atelier des activités de validation de modélisation. Il sera sans doute nécessaire pour le prochain atelier de réaliser une diffusion plus ciblée vers cette communauté afin de prendre en compte ses besoins.

### **III. Compte-rendu de la table ronde**

La table ronde qui clôturait l'atelier a été introduite par deux présentations de synthèse intitulées "Perspectives opérationnelles et interactions avec la recherche amont" et "Défis et enjeux scientifiques et techniques radars" qui sont disponibles sur le site de l'atelier. Ces deux présentations proposaient un cadre de discussion concernant les activités de recherche et applications opérationnelles.

La première présentation présentait le dispositif expérimental actuel mis en œuvre par Météo-France et les enjeux concernant ce dispositif, le planning de renouvellement, les produits actuellement fournis, les besoins en termes d'amélioration de la mesure radar (traitement atténuation, masques,...), les améliorations apportées récemment, la qualité des produits, le système de visualisation SERVVAL et ses futures versions.

Elle recensait également les interactions entre le CMR-DSO (chargé de l'amélioration de ce dispositif expérimental) avec la recherche amont, les thématiques scientifiques au CNRM exploitant les mesures du réseau opérationnel et les collaborations nationales et internationales, les activités nouvelles concernant le brouillard. Cette présentation proposait pour finir quelques questions ouvertes concernant la mise en place de collaborations plus étroites entre la recherche amont et l'opérationnel sur des sujets de R&D en produits nouveaux et en technologies et algorithmies nouvelles (émission continue, compression d'impulsion, types de radars, d'antenne, de capacités...) pour obtenir des produits plus performants ou nouveaux avec des coûts de maintenance et d'opération réduits. Elles concernaient également la synergie à mettre en place entre Météo-France, les labos et industriels français pour défendre le savoir-faire français à l'international.

La deuxième présentation, [après une introduction rapide sur les enjeux différents pour les communautés recherche, opérationnelle et industrielles mais en contrepartie la nécessité d'une synergie plus étroite entre ces trois acteurs des activités « radar »](#), discutait de l'importance de l'instrumentation radar pour les activités de recherche et questions scientifiques concernant le cycle de l'eau, le cycle des aérosols et transport de polluant, l'hydrologie et interaction avec les surfaces, les interactions troposphère-stratosphère, les propriétés et états de surface, les échanges atmosphère-surface, la turbulence atmosphérique, le brouillard, l'électrification des nuages...

Elle recensait quelques exemples non-exhaustifs de questions scientifiques concernant les processus, les modes d'exploitation de ces instrumentations radar pour répondre aux enjeux climatiques (approche statistique) et météorologique (étude de cas). Elle recensait également les activités de recherche plus applicatives. Une brève description des contraintes sur la mesure radar et du choix de la bande fréquence utilisée selon les milieux étudiés et questions scientifiques était également faite. Un historique des dispositifs instrumentaux exploités par le passé et actuellement disponibles était présenté. Une synthèse des efforts récents ou en cours sur les aspects algorithmiques et technologiques était donnée. Enfin des pistes de développement instrumental, de capacités nouvelles, d'améliorations algorithmiques, ... étaient passées en revue.

A l'issue de ces deux présentations, un débat animé et constructif s'est engagé entre les participants. Les discussions qui en ont suivi peuvent se résumer dans les points suivants.

**1.** L'ensemble des acteurs scientifiques, industriels et opérationnels adhère au fait qu'il est important i) de relancer et soutenir une dynamique d'innovation (R&D) au sens large autour des radars en France et ii) de mettre en place une structure pérenne qui permette de meilleurs échanges, plus directs et continus. Cette structure pourrait interagir avec celles déjà existantes dans la communauté industrielle telle que l'association pro-météo (<http://www.prometeo.asso.fr/>) par exemple.

**2.** Il apparaît important que cette R&D se focalise sur des niches non couvertes par les grands industriels, ce qui est a priori possible i) en s'appuyant sur les particularités du tissu économique français constitué de nombreuses petites PME/Startup hyperactives dans le domaine et en particulier pour des applications sociétales, PME déjà pour certaines d'entre elles en relation avec ou issues du monde académique, et ii) en s'appuyant sur un grand centre national actif dans l'observation par télédétection.

Le fait de mettre en commun et additionner leurs ressources et expertises dans un consortium/regroupement ou chacun contribue selon ses moyens ne peut qu'être bénéfique et stimuler la synergie. Ce regroupement pourrait permettre de surmonter certaines difficultés financières (financements potentiels plus nombreux et octroyés à une structure bien identifiée), de permettre une prise de risque plus importante pour les industriels et soutenue par l'opérationnel, de stimuler l'innovation réalisée dans le monde académique et son transfert vers le monde industriel/opérationnel, d'anticiper les besoins, et de mettre en commun des moyens.

On peut penser pour ce dernier point à la mise en place d'une plateforme « banc d'essai » pour les trois acteurs des activités radar permettant de tester de nouveaux concepts instrumentaux (antenne, émetteur, chaîne de traitement, ..), algorithmique en plus des besoins de validation/étalonnage indiqués dans la suite.

**3.** Un besoin de l'opérationnel pour des technologies nouvelles (types de radars, d'antenne, de capacités...), pour des produits plus performants ou nouveaux, avec pour objectifs un rapport coût-efficacité amélioré, une maintenabilité accrue et/ou une réduction sensible des coûts d'opération et de maintenance.

Dans cette démarche d'optimisation technologique, celle reposant sur la technologie à émetteur solide de faible puissance (de 0 à 700W) semble être un bon candidat. Elle permet des bas coûts avec une fiabilité/longévité importante et utilisable sur de longue durée sans

contrainte de sécurité et d'impact sur la santé, répondant ainsi au besoin de l'opérationnel et à court terme au besoin de climatologie (observation de type observatoire). Les modes pulsés avec chirp en fréquence ou continue avec rampe de fréquence (permettant de compenser la faible puissance) fonctionnant en mono-statistique doivent faire l'objet d'une évaluation dans le cadre de prototypes en cours de développement pour la documentation des processus microphysique. Il faudrait également pouvoir transposer l'expertise ainsi acquise à la bande C ou S pour les besoins de l'opérationnel.

Celle reposant sur les antennes à déphasage de phase (balayage électronique) présente de nombreux attraits (agilité, faible encombrement/inertie, ..) répondant aux enjeux de mise en œuvre sur diverses plateformes mobiles (bateau, spatiale) ou d'applications multifonctions (navigation aérienne, surveillance météo, recherche) mais nécessite une évaluation plus poussée du fait de leur coût actuel. Cette évaluation pourrait se faire dans le cadre de coopérations d'exploitation (accès aux données) d'instrumentations sol ou sur avion réalisées par les collègues américains (NCAR, CASA, ..).

Les développements reposant sur l'utilisation de plusieurs fréquences d'émission et exploitant l'atténuation et l'effet de Mie différentiel(le) semble également très prometteurs, notamment pour le spatial mais nécessite de plus amples études.

Enfin, la disponibilité de capteurs de faible coût (récepteurs bi-statiques) mis en œuvre de façon ponctuelle dans les réseaux fixes opérationnels ou déployés dans le cadre d'observatoires semble être une solution envisageable pour pallier les limites actuelles des réseaux de type opérationnel pour des études de processus s'intéressant à de plus fines échelles.

4. Au-delà de ces travaux de R&D technologique, ceux concernant l'amélioration de l'existant et en particulier des algorithmes de traitement des radars (du signal et d'obtention de paramètres géophysiques) actuellement exploités pour des applications hydrologiques ou météorologiques semblent important afin d'améliorer les produits ou paramètres géophysiques exploités actuellement pour l'opérationnel et la recherche. On peut citer pour le traitement du signal, la calibration radar, l'élimination du bruit, la détection des échos fixes et masques, la correction d'atténuation (en particulier dans la bande brillante), l'estimation des paramètres polarimétrique et en particulier du LDR, la classification des échos météorologiques (hydrométéores liquides et glacés) et non météorologique (échos de sol, masque), l'extension des domaines d'ambiguïté, les effets de Mie, ...

Pour les produits à fort impact potentiel non encore pleinement exploités, on peut citer les champs de vents 3D et de turbulence en air clair, la réfractivité, les paramètres microphysiques, les champs thermodynamiques en zones précipitantes, les cisaillements de vent tout temps, le givrage, les paramètres de surface océanique, les paramètres de brouillard....

Enfin, on peut citer aussi les développements liés au problème i) de la représentativité de la mesure de la pluie (du fait de sa forte variabilité) et i) des propriétés statistiques de la pluie avec des retombées sur l'intercomparaison/étalonnage de capteurs de résolutions temporelles et spatiales différentes ou la descente d'échelle qui permet de déterminer les caractéristiques de la pluie à une échelle plus petite que celle documentée (par exemple la projection plus locale d'une prévision climatique)

5. Pour ce qui concerne les thèmes d'études qui peuvent fédérer la communauté, celui concernant la microphysique en phase glace semble prometteur. Il recouvre ou concerne de nombreux aspects étudiés par la communauté. En effet ce thème recouvre des activités de processus et de caractérisation statistique nécessaire aux enjeux d'amélioration de la prévision météorologique, hydrologique, océanique et climatique et nécessite des activités algorithmiques d'amélioration des mesures faites par les réseaux opérationnels actuels, de développements instrumentaux pour caractériser cette microphysique en phase glace au sol et depuis l'espace, de R&D préparatoire aux enjeux futurs concernant les mesures opérationnelles et mesures spatiales à échelle globale.

Il impacte et recouvre par exemple les aspects microphysique/impact radiatif, microphysique/impact énergétique, transition nuage non-précipitant/nuage précipitant, bande brillante, microphysique glacée/précipitation au sol, précipitation et interaction avec la surface (état de surface, flux de chaleur, flux de précipitation), efficacité des précipitations, interaction microphysique/aérosols, microphysique/électrification des nuages, échange tropo/strato, etc...

Les domaines d'application sont l'amélioration de l'estimation des précipitations au sol pour l'hydrologie, l'amélioration de la microphysique des modèles météorologique et climatique, la préparation des futures missions spatiales des points de vue technologiques et algorithmiques ...

6. Les autres points discutés au cours de la table ronde concernent la valorisation des archives « radar » existantes (en particulier celle du réseau radar de Météo France) et l'exploitation des données radars pour d'autres applications (telle que la détection de la pénétration de météorites). Pour le premier point, une action (auprès de l'AERIS) est en cours pour faciliter l'accès par la communauté recherche à ces archives.

#### **IV. Impressions du Comité Scientifique et projection des actions futures**

L'impression générale du Comité Scientifique est que l'atelier s'est bien déroulé et que l'audience y a été particulièrement active et intéressée.

On note une forte participation des acteurs industriels et un enthousiasme déclaré pour l'action en cours de la communauté recherche/opérationnelle. On note également la présence de représentants de la communauté civile.

On peut par contre regretter l'absence de représentants des activités de validation de modélisation météorologique et dans une moindre mesure de modélisation climatique régionale. Il sera sans doute nécessaire pour le prochain atelier de réaliser une diffusion plus ciblée vers ces communautés afin de prendre en compte leurs besoins futurs. Un représentant de cette communauté pourrait participer au comité scientifique.

On note également que, bien que certains acteurs de ce type d'activité aient été représentés lors de l'atelier, les mesures opportunistes exploitant les hyperfréquences (comme l'utilisation de l'atténuation sur les communications GSM, TV Satellite,...) n'ont pu être discutées.

On note également une faible participation de la communauté hydrologique qui semble lié à un mode de diffusion inefficace. Le mode de diffusion choisi pour le(les) prochain(s) atelier sera sans doute plus direct et moins hiérarchique.

Dans l'avenir, il pourrait être intéressant de cibler les communautés intéressées par les thèmes fédérateurs retenus par la communauté mais exploitant des capteurs et techniques différents afin d'entamer des rapprochements possibles.

Pour finir un rapprochement pourrait être envisagé avec la communauté planétologie afin de permettre un transfert d'expertise vers de futurs projets spatiaux dévolus à l'étude des planètes du système solaire.

Ce compte-rendu et les échanges établis au sein de la communauté au cours de l'atelier serviront nécessairement de base de discussions pour les actions futures de mise en place d'une structure de type GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique): définitions des objectifs/thèmes fédérateurs, identification des participants institutionnels et industriels, ouverture à une communauté plus large, mode de fonctionnement, etc.... Les objectifs de cette structure peuvent être assez large et pas restrictivement scientifiques en vue de structurer la communauté pour répondre aux appels d'offre, développer des synergies public/privé, renforcer les liens recherche/opérationnel, etc... Par ailleurs, on peut également envisager des actions de mises en place de sites et de méthodes de validation/étalonnage radar qui pourrait faire l'objet de ce GIS.

Toutefois, la mise en place d'un GIS nécessitera d'impliquer dès le début les juristes des différents organismes et de s'approprier une trame de la convention à signer. Dès lors, il sera essentiel de bien définir l'objectif de ce GIS (à quoi il va servir) et sur quels sujets se feront les transferts éventuels de compétences par exemple.

Enfin, le site de l'atelier pourrait se transformer en site provisoire du groupe de concertation afin de faciliter les discussions et la diffusion à une communauté plus large et pourrait préparer la version définitive du GIS qui développerait alors son site web spécifique au service de la communauté radar au sens large.



## **Radars: Technologies, Méthodologies et Applications en Météorologie et au-delà**

### **R-TMA-2017**

Campus Universitaire des Cézeaux  
Université Clermont Auvergne  
Clermont Ferrand

**Lundi 6 et mardi 7 novembre 2017**

### **PROGRAMME**

#### **Lundi 6 Novembre:**

13:30 – 14:00 Introduction et ouverture de l'atelier

#### **14:00 – 15:40 "Radars météorologiques: Techniques et Applications"**

14:00 Présentation radar du LATMOS (*C. Le Gac*)

14:20 Le radar nuages BASTA. Performances actuelles et futures, applications (*G. Clain [et al.]*)

14:40 Monitoring des tourbillons de sillage sur aéroport avec un radar bande X état solide à balayage électronique (*F. Barbaresco*)

15:00 Radar bande-X double polarisation pour des applications hydrométéorologiques en France et à l'étranger (*E. Moreau [et al.]*)

15:20 Activités radar au LaMP: Genèse, questionnements scientifiques et devenir (*J. Van Baelen*)

#### **16:20 – 18:00 "Autres applications radars"**

16:20 Etude des turbulences atmosphériques en dessous de 500 m: résultats de la campagne de mesure UFO à l'aéroport de Blagnac (*F. Barbaresco*)

16:40 Télédétection en air clair : Activités au Laboratoire d'Aérodynamique et focus sur un système de contrôle à distance (*Y. Bezombes*)

17:00 EISCAT 3D : un nouveau radar pour l'observation de la haute atmosphère et de l'ionosphère aurorales (*F. Pitout*)

17:20 Applications de la télédétection RADAR au suivi de l'environnement dans le cadre des activités de l'UMR Espace pour le Développement (*T. Catry [et al.]*)

17:40 Indian Ocean InSAR Observatory (OI2) - Routine Interferometric Monitoring of a Volcanic Island, the Piton de la Fournaise (*J-L. Froger [et al.]*)

**18:00 – 19:00 Session présentation des industriels**

---

## Mardi 7 Novembre:

8:30 – 8:40 Infos diverses

### **8:40 – 10:40 "Sciences atmosphériques autour des précipitations et des nuages"**

- 8:40 Caractérisation des processus microphysiques de la pluie en combinant les spectres Doppler de deux radars nuages de fréquence différente (*F. Tridon [et al.]*)
- 9:00 Restitutions des propriétés des précipitations en phase liquide et glace à l'aide d'observations micro-ondes multifréquences actives et passives réalisées lors de la campagne OLYMPEX (*F. Tridon [et al.]*)
- 9:20 Télédétection radar des précipitations liquides et solides en haute montagne (*G. Delrieu [et al.]*)
- 9:40 Observation des précipitations de neige sur la base de Dumont d'Urville au moyen de radars et d'autres instruments complémentaires (*B. Boudevillain, pour Les Autres Membres Du Projet Apres3*)
- 10:00 Ré-analyses de pluie par fusion de données radar et de pluviomètres dans la région Cévennes-Vivarais (*G. Delrieu [et al.]*)
- 10:20 Comparaisons entre les mesures de deux radars météorologiques de caractéristiques différentes et des séries pluviométriques sol. Etude de cas d'une MCS active durant l'expérience HyMEX2012 (*C. Duroure*)

### **11:20 – 12:40 "Produits radars et aspects méthodologiques"**

- 11:20 Estimation des masques anthropiques à la mesure radar à l'aide de modèles numériques de surface infra-métriques générés à partir de données satellitaires Pléiades ou de mesures Lidar aéroportées (*D. Faure*)
- 11:40 FILCOH: une nouvelle méthode de filtrage adaptée aux radars fonctionnant en PRT multiples (*J. Parent Du Chatelet*)
- 12:00 Suivi et prévisions immédiates d'orages à l'aide d'un réseau de radars en bande X (*E. Buisson*)
- 12:20 Exploitation des radars polarimétriques à Météo-France (*.N. Yu [et al.]*)

### **13:30 – 14:30 Session Posters (Café servi à 14:00)**

- Présentation du radar KuROS (*C. Le Gac [et al.]*)
- Radar nuage aéroporté RASTA (*C. Caudoux [et al.]*)
- Radar nuage sol BASTA (*C. Le Gac [et al.]*)
- Profileur en bande X pour la climatologie des propriétés microphysiques des nuages précipitants: ROXI-Proto (*Y. Lemaître [et al.]*)
- McRALI, un simulateur Monte Carlo de référence pour les radars Doppler atmosphériques (*F. Szczap [et al.]*)
- Sondage des panaches de cendres volcaniques par radar transportable à ondes millimétriques (*F. Donnadieu [et al.]*)

### **14:30 – 16:45 Session Atelier**

- 14:30 Présentations de synthèse
  - Perspectives opérationnelles et interactions avec la recherche amont (*N. Gaussiat*)
  - Défis et enjeux scientifiques et techniques radars (*Y. Lemaître*)
- 15:15 Table ronde plénière  
Modérateurs: *G. Delrieu, J. Parent du Chatelet*

### **16:45 – 17:00 Conclusions et Clôture de l'Atelier**

## RECUEIL des RESUMES

Les présentations orales et les posters sont en ligne sur le site de l'atelier :

<https://radars.sciencesconf.org>

### Radars Météorologiques: Techniques et Applications

Présentation radar du LATMOS (*C. Le Gac*)

Le radar nuages BASTA. Performances actuelles et futures, applications (*G. Clain [et al.]*)

Monitoring des tourbillons de sillage sur aéroport avec un radar bande X état solide à balayage électronique (*F. Barbaresco*)

Radar bande-X double polarisation pour des applications hydrométéorologiques en France et à l'étranger (*E. Moreau [et al.]*)

Activités radar au LaMP: Genèse, questionnements scientifiques et devenir (*J. Van Baelen*)

### Autres Applications Radars

Etude des turbulences atmosphériques en dessous de 500 m: résultats de la campagne de mesure UFO à l'aéroport de Blagnac (*F. Barbaresco*)

Téledétection en air clair : Activités au Laboratoire d'Aérodynamique et focus sur un système de contrôle à distance (*Y. Bezombes*)

EISCAT 3D : un nouveau radar pour l'observation de la haute atmosphère et de l'ionosphère aurorales (*F. Pitout*)

Applications de la téledétection RADAR au suivi de l'environnement dans le cadre des activités de l'UMR Espace pour le Développement (*T. Catry [et al.]*)

Indian Ocean InSAR Observatory (OI2) - Routine Interferometric Monitoring of a Volcanic Island, the Piton de la Fournaise (*J-L. Froger [et al.]*)

### Sciences Atmosphériques autour des Précipitations et des Nuages

Caractérisation des processus microphysiques de la pluie en combinant les spectres Doppler de deux radars nuages de fréquence différente (*F. Tridon [et al.]*)

Restitutions des propriétés des précipitations en phase liquide et glace à l'aide d'observations micro-ondes multifréquences actives et passives réalisées lors de la campagne OLYMPEX (*F. Tridon [et al.]*)

Téledétection radar des précipitations liquides et solides en haute montagne (*G. Delrieu [et al.]*)

Observation des précipitations de neige sur la base de Dumont d'Urville au moyen de radars et d'autres instruments complémentaires (*B. Boudevillain, pour Les Autres Membres Du Projet Apres3*)

Ré-analyses de pluie par fusion de données radar et de pluviomètres dans la région Cévennes-Vivarais (*G. Delrieu [et al.]*)

Comparaisons entre les mesures de deux radars météorologiques de caractéristiques différentes et des séries pluviométriques sol. Etude de cas d'une MCS active durant l'expérience HyMEX2012 (C. Duroure)

## **Produits Radars et Aspects Méthodologiques**

Estimation des masques anthropiques à la mesure radar à l'aide de modèles numériques de surface infra-métriques générés à partir de données satellitaires Pléiades ou de mesures Lidar aéroportées (D. Faure)

FILCOH: une nouvelle méthode de filtrage adaptée aux radars fonctionnant en PRT multiples (J. Parent Du Chatelet)

Suivi et prévisions immédiates d'orages à l'aide d'un réseau de radars en bande X (E. Buisson)

Exploitation des radars polarimétriques à Météo-France (.N. Yu [et al.]

## **Session Posters**

Présentation du radar KuROS (C. Le Gac [et al.]

Radar nuage aéroporté RASTA (C. Caudoux [et al.]

Radar nuage sol BASTA (C. Le Gac [et al.]

Profileur en bande X pour la climatologie des propriétés microphysiques des nuages précipitants: ROXI-Proto (Y. Lemaître [et al.]

McRALI, un simulateur Monte Carlo de référence pour les radars Doppler atmosphériques (F. Szczap [et al.]

Sondage des panaches de cendres volcaniques par radar transportable à ondes millimétriques (F. Donnadieu [et al.]

# Radars Météorologiques: Techniques et Applications

## Présentation radar du LATMOS

Christophe Le Gac \*  
LATMOS–CNRS : UMR8190–France

Le LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales) a été créé le 1er janvier 2009, par regroupement des activités antérieurement développées par le Service d'Aéronomie et par plus de la moitié du Centre d'Etudes des Environnements Terrestre et Planétaires (CETP). Il fait partie de l'Observatoire des Sciences de l'Univers, de l'UVSQ et de la Fédération de recherche IPSL (Institut Pierre Simon Laplace). Dans le cadre de cet atelier, l'équipe technique du LATMOS vous présentera l'ensemble des radars (sol, aéroporté, embarqué sur satellite) dont l'étude et/ou le développement a été réalisé(s) au sein du laboratoire ainsi que les domaines de recherche associés : cette filière technologique est une filière historique du laboratoire. Le LATMOS reste en effet le dernier laboratoire en France à disposer de la compétence et des ressources pour le développement de ce type d'instrument. Cet exposé décrira les différentes techniques utilisées dans les radars présentés, leur performance ainsi que les axes de réflexion en cours et les perspectives d'évolution technologique.

-----

### **Le radar nuages BASTA. Performances actuelles et futures, applications.**

Gaëlle Clain \*<sup>1</sup>, Julien Delanoë<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Météomodem, Rue de Bessonville, 77760 Ury, France

<sup>2</sup> Laboratoire Atmosphère Milieux Observations Spatiales (LATMOS) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CNRS : UMR8190 – 11 Boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt, France

Fruit d'un développement mené au LATMOS, le radar nuages à 95GHz BASTA est maintenant industrialisé par MétéoModem. BASTA utilise la technologie FMCW (Frequency Modulated Continuous Waves), Comparé aux radars pulsés classiques, le radar fonctionne avec un amplificateur de puissance bien plus économe en énergie, ce qui se répercute sur le coût global de l'instrument, ouvrant la voie à un potentiel de réseau de radars. Les caractéristiques du radar, ses modes de fonctionnement ainsi que ses performances seront présentés. Hautement transportable, le radar a été déployé de nombreuses fois sur le terrain dans des environnements divers. L'implication de BASTA dans différents projets, ses déploiements passés et prévus dans le monde seront présentés. BASTA est ainsi impliqué dans des études portant sur le cycle de vie des brouillards, la microphysique des nuages, l'étude des panaches de cendres volcaniques, et les procédures de calibration radar nuages.

-----

**Monitoring des tourbillons de sillage sur aéroport avec un radar bande X état solide à**

## **balayage électronique**

Frederic Barbaresco

THALES AIR SYSTEMS (TR6) – THALES – Voie Pierre-Gilles de Gennes F-91470 Limours FRANCE,  
France

Nous présentons les résultats de la campagne SESAR de mesure Radar des tourbillons de sillage sur l'aéroport de Paris CDG avec un radar bande X état solide à balayage électronique.

---

### **Radar bande-X double polarisation pour des applications hydrométéorologiques en France et à l'étranger**

Emmanuel Moreau \*, Erwan Le Bouar, Jacques Testud  
NOVIMET, 11 boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt, France

NOVIMET est une spin-off du CNRS qui aujourd'hui est la seule société française à produire un radar hydrométéorologique en bande X à double polarisation. Le radar HYDRIX® est dimensionné pour opérer avec une portée suffisante (150 km) pour une prévision des pluies de 1 à 2 heures d'échéance, avec une mesure quantitative précise de la pluie jusqu'à 60 km de portée.

Ce type de radar est aujourd'hui considéré comme un outil majeur dans le domaine de l'hydrométéorologie.

Sa taille réduite (comparée aux radars en bandes-C et S) et ses performances liées à l'exploitation de la double polarisation pour l'estimation des précipitations permettent de couvrir des zones urbaines ou montagneuses et fournir des informations essentielles pour des applications telles que la gestion du risque inondation, l'assainissement, l'évènementiel, ...

Depuis 2007, NOVIMET exploite un radar HYDRIX® dans les Alpes-Maritimes pour la surveillance des inondations, avec un système d'alertes opérationnel dans le Département. Récemment, NOVIMET en collaboration avec l'IRSTEA a déployé un radar HYDRIX® au Brésil dans la métropole de Sao-Paulo pour des applications de risque inondation en zone urbaine. Dans le cadre de ce projet, les lames d'eau radar ont été couplées au modèle pluie-débit GR2D® de l'IRSTEA afin de fournir en temps réel des informations sur le risque inondation sur plusieurs bassins versants urbains.

---

### **Activités radar au LaMP: Genèse, questionnements scientifiques et devenir.**

Joël Van Baelen

Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) – UMR6016, Centre National de la Recherche Scientifique / Université Clermont Auvergne – 4 av. Blaise Pascal, Aubière, France

Dans cette présentation, nous retracerons d'abord les origines de l'aventure radar au LaMP et son évolution jusqu'à nos jours, d'Anatole aux profileurs de vent puis aux radars précipitations simples. Nous évoquerons ensuite les questions scientifiques qui fédèrent notre recherche au

sein des thématiques du laboratoire, mais aussi de la structuration locale (Université, ISITE) et nationales (grands projets). Enfin, nous décrirons les projets instrumentaux prévus et comment ils contribueront à nos domaines d'investigation.

## Autres Applications Radars

### **Etude des turbulences atmosphériques en dessous de 500 m: résultats de la campagne de mesure UFO à l'aéroport de Blagnac**

Frederic Barbaresco  
THALES AIR SYSTEMS (TR6) – THALES – Voie Pierre-Gilles de Gennes F-91470 Limours FRANCE,  
France

Dans le cadre de l'étude européenne UFO, nous avons effectué une campagne de mesure Radar bande X sur l'aéroport de Toulouse Blagnac. Nous présentons les résultats des mesures radars comparées aux mesures Lidars et aux modèles de l'atmosphère.

---

### **Téledétection en air clair : Activités au Laboratoire d'Aérodologie et focus sur un système de contrôle à distance**

Yannick Bezombes  
Laboratoire d'aérodologie (LA) – Observatoire Midi-Pyrénées – UMR5560: CNRS / Université Paul Sabatier (UPS) - Toulouse III – 14 avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

L'équipe Analyse des Transferts d'Énergie et d'Espèces en Traces du Laboratoire d'Aérodologie étudie les échanges surface/atmosphère dans la couche limite planétaire, et la dynamique atmosphérique. Elle s'appuie pour cela sur des outils d'observation in situ (mâts instrumentés, avions, drones, ballons) et sur des appareils de téledétection (radar profileur, bande C, ou lidar Doppler). Le laboratoire d'Aérodologie possède deux radars profileurs de vent : un VHF pour l'observation de la moyenne et haute troposphère, et un UHF pour l'observation de la dynamique des basses couches. Le premier effectue des mesures continues sur le site instrumenté de Lannemezan, site de la P2OA (Plate-forme Pyrénéenne d'Observation de l'Atmosphère), et le second est déployé en campagnes dédiées (et en fonctionnement continu à la P2OA le reste du temps). Ces activités et l'intérêt de ces instruments seront rappelés brièvement en introduction de la présentation. Que ce soit dans le contexte de la campagne extérieure (qui peut durer plusieurs mois à l'étranger par exemple) ou dans celui de la mesure permanente, il est utile de se munir d'un système de contrôle du fonctionnement des radars à distance, assurant à la fois la sécurité de l'instrument et l'alerte d'interruption de l'observation. Il est aussi très intéressant de pouvoir intervenir à distance pour la relance et la vérification du radar. Pour ces raisons, un contrôle de certains paramètres clés du fonctionnement a été automatisé pour l'alerte et pour la protection des radars profileurs de vent. Je décrirai les paramètres importants à surveiller et les différents systèmes mis en place respectivement sous Labview, Visual Basic et Arduino. Je parlerai aussi des futures améliorations envisagées dans ce sens.

---

### **EISCAT 3D : un nouveau radar pour l'observation de la haute atmosphère et de l'ionosphère aurorales**

Frederic Pitout  
IRAP –UMR5277 CNRS / Université de Toulouse Paul Sabatier – France

Depuis les années 80, le consortium international EISCAT (European Incoherent SCATter) assure le fonctionnement d'un réseau de radars qui sondent l'ionosphère en régions aurorale et polaire. Le système actuel qui comprend quatre antennes en Scandinavie continentale et deux antennes sur l'île du Spitzberg, commence à dater avec des performances qui ne sont plus au goût du jour. Pour remplacer les radars continentaux, EISCAT a officiellement lancé en septembre 2017 la construction de sa nouvelle génération de radars : EISCAT 3D. Ce système, qui consistera à terme en un émetteur récepteur central et 4 stations de réception latérales, repose sur la technique du réseau phasé. Outre l'évolution technique, il présentera de nombreuses améliorations comme des résolutions temporelles et spatiales bien meilleures ainsi que la possibilité d'émettre plusieurs faisceaux simultanément et donc de faire du sondage volumétrique. Dans cette présentation, je ferai le point sur les objectifs scientifiques d'EISCAT 3D, qui concernent l'ionosphère mais aussi la mésosphère et la thermosphère, et ses performances.

-----

### **Applications de la télédétection RADAR au suivi de l'environnement dans le cadre des activités de l'UMR Espace-Dev (Espace pour le Développement)**

Thibault Catry \*<sup>1</sup>, Dessay, Ird Nadine<sup>†</sup>, Emmanuel Roux<sup>‡</sup><sup>2</sup>, Eric Delaitre<sup>§</sup><sup>3</sup>, Laurent Demagistri<sup>¶</sup>, Frédérique Seyler<sup>∥</sup><sup>4</sup>, Vincent Herbreteau<sup>\*\*</sup><sup>5</sup>,  
Christophe Révillion<sup>††</sup><sup>5</sup>, Jacques Iltis<sup>‡‡</sup>, Auréa Pottier

<sup>1</sup> Espace pour le Développement (IRD UMR Espace Dev), Montpellier, France

<sup>2</sup> Espace pour le Développement (UMR228 ESPACE-DEV), Université des Antilles et de la Guyane, France

<sup>3</sup> EspaceDev-IRD:UR228-France

<sup>4</sup> UMR228 Espace-Dev, Espace pour le développement, Montpellier, France

<sup>5</sup> UMR228 ESPACE-DEV (IRD - UM2 - UAG - UR), La Réunion, France, France

L'UMR ESPACE-DEV développe des recherches sur les dynamiques spatiales caractérisant les socio-écosystèmes aux différentes échelles spatiales et temporelles. Les équipes travaillent à la définition d'indicateurs de ces dynamiques, spatialisés et issus de la télédétection spatiale. Ces indicateurs permettent de caractériser et de suivre les dynamiques bio-géophysiques des surfaces continentales, les évolutions des sociétés, les relations environnement/santé, les changements et la vulnérabilité des territoires face au changement climatique. Dans ce but, les activités de recherche sont dédiées à la mise au point de méthodologies en télédétection spatiale, notamment

RADAR, intégrant des connaissances multidisciplinaires, dans l'objectif de mettre en place des Observatoires de l'Environnement pour le développement.

En particulier, la télédétection optique et RADAR est utilisée pour le suivi de la dynamique des

processus environnementaux. Les terrains de prédilection de l'unité se situant principalement en contexte tropical ou sub-tropical, l'enneigement y est persistant et l'utilisation de l'imagerie optique difficile. L'utilisation de capteurs RADAR, peu perturbés par l'atmosphère, permet ainsi de mettre en place des suivis de systèmes environnementaux complexes.

Cette présentation se focalisera sur les applications développées par Espace-Dev dans le domaine de l'environnement, à partir d'imagerie RADAR, via quelques exemples:

- la combinaison de données RADAR et optiques pour la caractérisation de l'occupation du sol en lien avec des thématiques de santé en Amérique du Sud et dans l'océan Indien ;
- les applications RADAR dédiées à l'hydrologie spatiale dans le bassin Amazonien ;
- la caractérisation des risques naturels par télédétection RADAR (risque cyclonique et volcanique) à Madagascar et à La Réunion ;
- l'apport de l'imagerie RADAR pour l'étude des mangroves de Madagascar.

Enfin, des perspectives de recherches seront exposées, en lien avec les futures missions RADAR comme Sentinel 3, BIOMASS et SWOT. Ces missions constituent un fort potentiel en termes de production de données et produits qui ont vocation à alimenter et enrichir l'Infrastructure de Recherche "Sciences du système Terre et de l'environnement" en contribuant au développement et à la mise en réseau des dispositifs d'observation en environnement au niveau européen et international (COPERNICUS-GEOSS).

Dans ce cadre, la télédétection est un outil du futur au service des Objectifs de Développement Durable pour 2030 (Chronique ONU, vol.LI No. 4, 2014 – Mai 2015) face à la nécessité de disposer d'un plus grand nombre de données de qualité, actualisées et précises, pour une utilisation plus judicieuse des ressources dans le contexte actuel de changement climatique.

-----

### **Indian Ocean InSAR Observatory (OI<sup>2</sup>) – Routine Interferometric Monitoring of a Volcanic Island, the Piton de la Fournaise**

Froger Jean-Luc\*<sup>1</sup>, Valérie Cayol<sup>1</sup>, Marine Tridon<sup>1</sup>, Mary Grace Bato<sup>2</sup>, Dominique Remy<sup>3</sup>, Yu Chen<sup>3</sup>, Delphine Smittarello<sup>2</sup>, Virginie Pinel<sup>2</sup>, Jean-Marie Prival<sup>1</sup>, Nicolas Villeneuve<sup>4</sup>, Aline Peltier<sup>4</sup>, Aurélien Augier<sup>1</sup>, Sandrine Rivet<sup>1</sup>, Yannick Guehenneux<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Magmas et Volcans (LMV), Aubière, France

<sup>2</sup> Institut des Sciences de la Terre (ISTerre), Grenoble, France

<sup>3</sup> Géosciences Environnement Toulouse (GET), Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

<sup>4</sup> Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF), La Réunion, France

The Indian Ocean InSAR Observatory (OI<sup>2</sup>) is a component of the National Services of Volcanological Observations, one of the 20 National Services of the French National Institut of Earth and Space Sciences of CNRS. One of the main goals of OI<sup>2</sup> is the regular production and diffusion of ground displacement measurements, related to volcanic activity at Piton de la Fournaise, La Réunion Island. The displacement measurements are obtained from radar interferometric remote sensing data. They are exploited both in a near-real time operational framework, as a

component of the geophysical dataset used by the Piton de la Fournaise Volcano Observatory scientists to monitor the volcano activity and for more fundamental research interested either in methodological developments or in improving our understanding of the way the volcano works. On this poster, we first give a short description of the Piton de la Fournaise geological context, then we describe the OI2 missions, operations and database. Finally we present some examples of scientific exploitation of the OI2 data, with results related to the recent activity at Piton de la Fournaise (between april 2007 and september 2016).

## Sciences Atmosphériques autour des Précipitations et des Nuages

### **Caractérisation des processus microphysiques de la pluie en combinant les spectres Doppler de deux radars nuages de fréquence différente**

Frederic Tridon <sup>\*</sup>, Alessandro Battaglia  
University of Leicester – Royaume-Uni

Au cours des dernières années, une technique novatrice combinant les spectres Doppler de radars en bande Ka et W a été développée pour restituer le profil de la granulométrie des gouttes (DSD) et certains paramètres liés à la dynamique de l'atmosphère. Des comparaisons avec un disdromètre montrent que les paramètres microphysiques de la pluie tels que le taux de précipitations, le diamètre et la concentration des gouttes sont restitués avec précision. L'évolution verticale de la DSD permet alors de caractériser les processus microphysiques de la pluie. Lors d'un cas de précipitations faibles ou l'évaporation est le processus microphysique dominant, le profil et la forme de la DSD montrent les signatures de l'évaporation et sont en accord quantitatif avec le profil d'humidité relative (RH) fourni par un lidar Raman colocalisé, avec une différence inférieure à 10% de RH. Ces résultats suggèrent que les autres processus microphysiques de la pluie peuvent être étudiés en combinant les restitutions radars avec des observations complémentaires de RH.

---

### **Restitutions des propriétés des précipitations en phase liquide et glace à l'aide d'observations micro-ondes multifréquences actives et passives réalisées lors de la campagne OLYMPEX**

Frederic Tridon <sup>\*</sup>, Alessandro Battaglia  
University of Leicester – Royaume-Uni

A cause de la très grande variabilité de leurs propriétés microphysiques, la caractérisation des précipitations en phase glace à l'aide de radars et de radiomètres micro-ondes embarqués (tels que sur les satellites de la mission GPM actuelle) est un défi de longue date. Pour évaluer les besoins des futurs systèmes d'observation des nuages et des précipitations, l'avion de la NASA DC-8 (radar triple fréquence APR-3 et radiomètres micro-ondes) a collecté un grand nombre d'observations dans l'Etat de Washington en Novembre et Décembre 2015, dans le cadre la campagne OLYMPEX avec des paliers couvrant des surfaces variées (océaniques, costales, enneigées) et mettant en évidence les modifications orographiques des précipitations. Cette étude présente une technique novatrice combinant les observations de radars et radiomètres variés pour restituer les propriétés microphysiques de la neige (masse, diamètre, densité). En particulier, un grand nombre de tables de diffusion des agrégats disponibles dans la littérature est utilisé afin de mettre en évidence le principal processus de croissance impliqué (i.e., agrégation ou givrage). Des premières comparaisons avec les observations in-situ de l'avion Citation de l'Université du Dakota du Nord lors de vols coordonnés seront présentées.

-----

## **Téledétection radar des précipitations liquides et solides en haute montagne**

Guy Delrieu <sup>\*</sup>, Frédéric Cazenave, Brice Boudevillain  
Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – CNRS : UMR5001, Institut de recherche pour le  
développement [IRD] : UR012, Université Grenoble Alpes – UGA, Grenoble, France

-----

## **Observation des précipitations de neige sur la base de Dumont d'Urville au moyen de radars et d'autres instruments complémentaires**

Brice Boudevillain (pour Les Autres Membres Du Projet Apres3) <sup>\*</sup>  
Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut de Recherche pour le Développement,  
Institut Polytechnique de Grenoble, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble  
Alpes (UGA), Grenoble, France

Les quantités de précipitations neigeuses restent très mal connues sur le continent Antarctique alors qu'elles peuvent jouer un rôle important dans le bilan de masse de sa calotte polaire. Les estimations actuelles reposent sur des modèles et des observations satellitaires et sur encore assez peu de mesures locales permettant de les valider.

Le projet APRES3 (Antarctic Precipitation, Remote Sensing from Surface and Space, <http://apres3.osug.fr/>), financé par l'ANR, vise entre autres à déployer une instrumentation in situ afin d'évaluer et améliorer les produits satellitaires existants (notamment CloudSat) ainsi que les paramétrisations microphysiques actuelles de modèles (en particulier LMDZ et MAR). Il associe l'EPFL, l'IGE et le LMD.

Le volet expérimental repose sur une synergie instrumentale entre un radar bande X Doppler à diversité de polarisation (MXPOL, EPFL), deux Micro Rain Radars (MRR, profileur radar FMCW bande K), un lidar à dépolarisation, un appareil photographiant les flocons de neige sous différents angles (MASC), un disdromètre optique et un pluviomètre à pesée.

La téledétection radar mise en œuvre lors d'une première campagne de mesure a permis de mettre en évidence que des précipitations se ré-évaporaient souvent et au moins partiellement dans une couche d'air sec près de la surface avant d'atteindre le sol. Ce phénomène n'est pas observé par la téledétection spatiale car il se manifeste en dessous du niveau des premières mesures exploitables de CloudSat. La deuxième campagne a mis en œuvre un lidar à dépolarisation développé à l'EPFL. Ce dernier apporte des informations complémentaires sur la nature des nuages et précipitations.

Cette communication présentera le projet, les dispositifs mis en œuvre au cours des deux premières campagnes du projet et illustrera les premiers résultats.

**Ré-analyses de pluie par fusion de données radar et de pluviomètres dans la région  
Cévennes-Vivarais**

Guy Delrieu <sup>\*</sup>, Brice Boudevillain

Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – CNRS : UMR5001, Institut de recherche pour le  
développement [IRD] : UR012, Université Grenoble Alpes – UGA - IGE (UMR 5001) CS 40700 38058  
Grenoble Cedex 9, France

-----

**Comparaisons entre les mesures de deux radars météorologiques de caractéristiques  
différentes et des séries pluviométriques sol.  
Etude de cas d'une MCS active durant l'expérience HyMEX2012**

Christophe Duroure <sup>\*</sup>

Sandra Banson –  
LAMP – France

-----

## Produits Radars et Aspects Méthodologiques

### **Estimation des masques anthropiques à la mesure radar à l'aide de modèles numériques de surface infra-métriques générés à partir de données satellitaires Pléiades ou de mesures Lidar aéroportées.**

Dominique Faure \*

<sup>1</sup> Météo-France (Météo-France) – Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer – 42, avenue Gustave Coriolis 31057 Toulouse Cedex FRANCE, France

Depuis 2004 Météo-France estime les masques à la mesure radar dus au relief à partir de modèles numériques de terrain (MNT), dont la résolution est passée récemment de 250m à 25m. Une analyse humaine complémentaire permet de détecter et quantifier les masques anthropiques dus à des obstacles de faibles volumes proches du radar. Cette analyse humaine coûteuse en temps de travail, a une précision limitée si ces masques anthropiques concernent de larges secteurs angulaires, et doit être actualisée régulièrement. Météo-France s'est donc intéressée à la simulation des masques anthropiques à l'aide de modèles numériques de surface (MNS) à résolution infra-métrique décrivant l'environnement immédiat d'un radar.

Le processus de simulation utilise différents modèles numériques d'élévations en fonction de la distance au radar, deux MNT à résolution 75m et 25m décrivant l'élévation du sol nu, et un MNS haute résolution décrivant l'élévation de la végétation et des bâtiments :

- le MNS est utilisé pour des distances de quelques kilomètres autour du radar
- le MNT 25m est utilisé pour des distances jusqu'à 50 km du radar
- le MNT 75m est utilisé pour des distances au delà de 50 km du radar (jusqu'à 256 km).

Le logiciel de simulation utilisé, appelé Surfillum-Vishydro, a été développé par le LTHE (maintenant IGE), et présente l'intérêt d'estimer l'interaction entre le faisceau radar et le sol avec des résolutions angulaire et radiale adaptables, en tenant compte d'un diagramme d'antenne comme modèle de distribution angulaire de l'énergie dans le faisceau radar (Delrieu et al., 1995, Pellarin et al., 2002). Il a été utilisé dans de nombreuses études opérationnelles (Faure et al., 2005; Faure, 2006), et est exploité par Météo-France depuis 2004 pour ses besoins opérationnels.

Deux types de MNS ont été utilisés, le premier généré pour cette étude par IGNEspace depuis des données stéréoscopiques satellitaires Pléiades, le second estimé par un prestataire privé à partir de mesures d'un Lidar aéroporté. Le MNS de 0.5m de résolution issu des données Pléiades a été testé en contexte urbain dans le cas du radar opérationnel de Bordeaux. Le MNS de 1m de résolution issu des données Lidar aéroportées a été testé en contexte rural dans le cas du radar opérationnel de Falaise.

Références:

Delrieu, G., Creutin, J.D., Andrieu, H., 1995: Simulation of X-band weather radar mountain returns using a digitized terrain model. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 12, 1038-1049.

Faure, D., Delrieu, G., Tabary, P., Du Chatelet, J. P., Guimera, M., 2005: Application of the hydrologic visibility concept to estimate rainfall measurement quality of two planned weather radars. *Atmospheric Research*, 77, 232-

Faure, D., 2006: Cartographie globale de la visibilité hydrologique du réseau radar métropolitain ARAMIS à l'horizon 2006 - Optimisation du choix des angles des sites pour un mode d'exploitation hydrologique des 24 radars du réseau ARAMIS, *ALICIME Technical Report*, RE061101.

Pellarin, T., Delrieu, G., Saulnier, G.M., Andrieu, H., Vignal, B., Creutin, J.D., 2002: Hydro-logic visibility of weather radar systems operating in mountainous regions: Case study for the Ardèche catchment (France). *Journal of Hydrometeorology*, 3, 539-555.

-----

### **FILCOH: une nouvelle méthode de filtrage adaptée aux radars fonctionnant en PRT multiples**

Jacques Parent Du Chatelet \*  
Météo France – Météo France, Météo France – France

Les radars précipitations sont perturbés, parfois considérablement, par les échos provenant des cibles fixes aux alentours du radar que l'on peut dans une certaine mesure limiter par la mise en place de filtres passe-bas qui mettent à profit la différence de structure spectrale entre les échos de précipitation et les échos parasites dits "échos fixes" venant du sol caractérisés par une vitesse nulle et une faible largeur spectrale.

En plus de la mesure de la quantité de pluie, ces radars mesurent la vitesse radiale de déplacement des systèmes. Cette information est particulièrement utile aux modèles numériques de prévision du temps à travers l'assimilation, mais elle est soumise au "dilemme portée-vitesse" qui limite le produit de l'un par l'autre. Cette limitation est sévère puisque la gamme non ambiguë de vitesse n'est que de  $\pm 45$  m/s dans les conditions opérationnelles du réseau. Des méthodes dites de "PRT multiples" ont été développées pour s'affranchir de ce problème, et mises en place sur les principaux réseaux opérationnels (USA, France, ...), mais le revers de la médaille est que les méthodes de filtrage évoquées plus haut ne fonctionnent plus...

La méthode originale proposée (FILCOH pour filtrage par cohérence) tire parti de différences importantes entre les temps de cohérence des retours de pluie et des retours de sol : les coefficients de corrélation des lags longs dépendent uniquement des échos fixes alors que les coefficients des lags plus courts contiennent une contribution partagée. On présente des résultats de simulation, ainsi que des résultats expérimentaux obtenus à partir d'un radar profileur de vent UHF, pour lequel des réjections de plus de 40 dB sont obtenues, et à partir d'un radar précipitation en bande X dont l'antenne tourne rapidement. Pour ce dernier la réjection est plus limitée, de l'ordre de 20 dB, largement suffisante pour poursuivre les investigations.

-----

### **SUIVI ET PREVISIONS IMMEDIATES D'ORAGES A L'AIDE D'UN RESEAU DE RADARS EN BANDE X**

Emmanuel Buisson \*

Weather Measures – 10 allée Evariste Galois, 63000 Clermont-Ferrand, France

Dans le cadre de ses activités de météorologie de précision, Weather Measures exploite depuis 2015 un réseau de trois radars météorologiques à haute résolution (en bande X) installés dans la plaine de la Limagne pour le compte de la coopérative agricole Limagrain. Ce réseau a pour principal objectif de cartographier la pluviométrie à l'échelle du territoire afin de constituer une base de données horaire et journalière à haute résolution (pixels de 200x200 m<sup>2</sup>) pour initialiser les modèles agronomiques de croissance de plantes et d'irrigation.

Les radars météorologiques fonctionnant en continu, les données de réflectivité sont également utilisées en temps réel (fréquence toutes les 5 minutes) pour suivre l'évolution des situations orageuses, principalement estivales, sur l'agglomération clermontoise afin de prévenir tout risque de débordement de la rivière Tiretaine, traversant le siège social du groupe MICHELIN. Pour ce faire, la plateforme WM Studio a été développée par Weather Measures pour le traitement et la validation des images radar, et un algorithme de prévisions immédiates a été développé en étroite collaboration avec l'INRIA afin de réaliser des projections de déplacement des cellules orageuses à 15, 30, 45 et 60 minutes.

L'année 2016 a connu plusieurs évènements orageux remarquables qui ont donné lieu à des impacts non négligeables sur l'agglomération clermontoise. Le réseau de radars météorologiques a permis de suivre en temps réel l'évolution de la situation orageuse et a mis en lumière la complexité de prévoir l'évolution et le déplacement des cellules orageuses sur la chaîne des volcans. L'évènement du 7 juin 2016 est particulièrement intéressant de par la fusion de deux cellules autour du Puy de Dôme puis son déplacement sur Clermont-Ferrand (figure 3). Les épisodes du 24 juin et 30 juillet 2016 montrent également des signatures météorologiques intéressantes et différentes.

Du point de vue de la prévision, l'algorithme développé est basé sur l'assimilation des dernières images radar, puis calcule par modélisation la dynamique de mouvement des cellules de pluie sur le dernier quart d'heure. La prévision de la pluie est ensuite réalisée sur la base du champ de vent modélisé pour la prochaine heure. La principale difficulté rencontrée dans cette approche est de travailler à haute résolution spatio-temporelle sur une grille de plusieurs dizaines de kilomètres seulement. La dynamique des cellules orageuses sur de petits bassins versants, tels que celui de la rivière Tiretaine, est souvent très complexe et instationnaire, ce qui rend l'exercice de prévision immédiate délicat à réaliser. Les résultats obtenus montrent les gains et les limites de l'algorithme et de la méthode utilisée.

---

### **Exploitation des radars polarimétriques à Météo-France**

Nan Yu \*, Nicolas Gaussiat \*

Météo-France / CMR – Météo France – France

Le réseau de radar de Météo-France est aujourd'hui constitué de 29 radars en métropole dont 26 polarimétriques. La réflectivité horizontale (Zh), la réflectivité différentielle (Zdr), le coefficient de corrélation (Rohv) et le différentiel de phase (Phidp) sont recueillies et traitées par une chaîne polarimétrique deuxième génération qui permet déjà d'améliorer de façon

significative la mesure des fortes précipitations en corrigeant de l'atténuation du signal dans la pluie et exploitant la mesure de KDP.

Un outil permettant de quantifier des erreurs associées à chaque étape du traitement a été développé et utilisé pour la qualification opérationnelle des nouveaux radars. La correction de masque, la correction d'atténuation de propagation et la correction d'atténuation de radôme mouillé ont été évaluées séparément. Les résultats obtenus montre que 1) un modèle numérique de terrain haute résolution (au moins de 75 m) est nécessaire pour estimer et bien corriger le taux de blocage dans la région montagneuse des Alpes; 2) dans la couche de fusion, l'atténuation de la réflectivité ( $Z_h$ ) en bande X est actuellement sous-corrigée; 3) l'atténuation de la réflectivité différentielle ( $Z_{dr}$ ) en bande X liée à la propagation et au radôme mouillé est mal corrigée; 4) il reste une incertitude importante dans le calcul de KDP.

Une nouvelle chaîne de traitement polarimétrique est proposée pour améliorer l'estimation de lame d'eau opérationnelle. Un filtre itératif qui pré-suppose la croissance monotone de  $Phidp$  enlève par correction successives les anomalies de maximum et minimum de  $Phidp$ . Ce filtre permet de supprimer les fortes fluctuations dans le signal sans pour autant moyenner les valeurs consécutives. Ensuite, une nouvelle approche basée sur filtre de Kalman conditionné par la relation auto-consistante entre KDP et  $Z_h$  est utilisée pour estimer la dérivée de  $Phidp$  et déterminer le taux de précipitation.

-----

## Session Posters

### **Présentation du radar KuROS**

Christophe Le Gac <sup>\*</sup>, Nicolas Pauwels , Daniele Hauser,  
Frederic Ferreira, Aurelien Clemencon  
LATMOS–CNRS : UMR8190–France

Dans le cadre de la mission spatiale CFOSAT, le CNES a confié au LATMOS la réalisation d'un nouveau radar aéroporté en bande Ku pour :

- compléter la préparation de la mission CFOSAT avant le lancement,
- contribuer à l'étalonnage et à la validation de la mission une fois lancée.

CFOSAT a pour objectif premier la mesure sur mer du spectre directionnel des vagues, des propriétés statistiques des pentes des vagues (à partir des profils de section efficace radar en fonction de l'incidence), et du vent de surface. Des objectifs secondaires ont été définis pour des études de surfaces continentales et l'amélioration des connaissances concernant l'hydrologie de surface.

Le LATMOS a développé un instrument aéroporté simulant au plus près les caractéristiques et concept de mesures des instruments SWIM et SCAT. C'est ainsi que le LATMOS développe depuis 2011, grâce au soutien du CNES, le radar aéroporté KuROS (Ku Band Radar for Observing Surfaces) . En plus des objectifs liés à CFOSAT, KuROS est un instrument qui permet de participer à l'étude des interactions air/mer à l'échelle régionale car il est conçu pour donner accès à une estimation à fine échelle (de l'ordre du kilomètre) du spectre directionnel des vagues, et du vent de surface. Il s'agit alors de contribuer à la mesure des paramètres qui influent sur les échanges de quantité de mouvement et de chaleur, d'étudier l'impact des vagues sur ces échanges, ou encore de mieux comprendre et paramétriser les interactions entre vagues et courant de surface. De plus, dans l'objectif de mieux comprendre la physique des interactions ondes électromagnétiques/surface et pour préparer des missions océanographiques futures dédiées à la mesure du courant de surface, KuROS est doté d'une mesure Doppler (mesure de la vitesse des diffuseurs de surface).

Les premiers vols de qualification technique ont été réalisés en 2012, et la première campagne scientifique s'est déroulée en mars-avril 2013 en profitant des contextes de l'expérience HYMEX (Méditerranée), et de l'expérience PROTEVS du SHOM (mer d'Iroise, Bretagne).

-----

### **Radar nuage aéroporté RASTA**

Christophe Caudoux <sup>\*</sup>, Julien Delanoe, Christophe Le Gac  
LATMOS–CNRS : UMR8190–France

Le Radar RASTA a été développé au LATMOS pour l'étude des nuages non-précipitants. Il peut

être embarqué à la fois sur un avion (flotte SAFIRE, service des avions Français pour la recherche) et dans un camion pour des campagnes de mesure sol. RASTA dans sa version aéroportée est capable grâce à sa configuration inédite multi antennes (3 vers le haut, 3 vers le bas) de restituer les propriétés microphysiques et dynamiques des nuages de glace. Il fait partie de RALI. Il sert comme outils de démonstration/validation des radars nuages spatiaux (CloudSat-EarthCare) mais il sert également dans de nombreuses campagnes de mesures (.../ POLARCAT 2008/MT-AFRICA 2010, MT-MALDIVES 2011, HYMEX 2012, HAIC- DARWIN 2014, HAIC-CAYENNE 2015, NAWDEX 2016). Seul instrument de ce type en France et en Europe. A noter que les mesures de RASTA pendant la campagne HYMEX ont été assimilées dans le modèle AROME, il a été montré que cette assimilation avait un impact positif sur la prévision des phénomènes fortement précipitants. Les mesures ont également été utilisées pour valider le nouveau schéma microphysique LIMA (publication soumise).

---

### **Radar nuage sol BASTA**

Christophe Le Gac <sup>\*</sup>, Christophe Caudoux, Fabrice Bertrand, Julien Delanoë  
LATMOS – CNRS : UMR8190 – France

**BASTA** : (FMCW, Frequency Modulated Continuous Wave) " bas couts " BASTA (Delanoë et al 2016).

Cet instrument a été 100% développé au LATMOS et est clairement innovant de part son incroyable rapport cout/performance. Contrairement aux radars " nuage " conventionnels qui sont des radars dits " pulsés ", le radar BASTA a pour particularité de fonctionner en émission continue (95 GHz) ce qui permet d'obtenir un coût de revient 5 à 6 fois moins élevé que pour un radar nuage classique (~150k). Bien que BASTA ne puisse pas concurrencer les radars nuages pulsés en termes de sensibilité, ses performances n'en restent pas moins excellentes et son faible coût permet d'équiper à moindre frais des sites instrumentés ou de développer un réseau de radars nuage pour le prix d'un radar nuage classique. Le premier prototype est actuellement déployé sur le site du SIRTA (Palaiseau, France - <http://sirta.ipsl.fr/index.php>), il permet donc de documenter les nuages et le brouillard au dessus du site. Un second est déployé en Australie (collaboration avec le Bureau de Météorologie Australienne). Un troisième sert de version mobile et de démonstrateur pouvant être déployé n'importe où. Nous avons également lancé une phase industrielle en collaboration avec l'entreprise **MODEM** (<http://www.meteomodem.com/basta.php>). Il en existe actuellement 7 dans le monde. Suite à l'achat d'un radar BASTA par le CNRM (Météo-France) un effort sur l'exploitation de ces mesures et notamment sur l'assimilation des données a été récemment entrepris.

---

### **Profileur en bande X pour la climatologie des propriétés microphysiques des nuages précipitants : ROXI-Proto**

Yvon Lemaître <sup>\* 1</sup>, Nicolas Viltard <sup>2</sup>, Audrey Martini <sup>2</sup>, Nicolas Pauwels <sup>1</sup>,  
Christophe Le Gac <sup>3</sup>, Fabrice Bertrand <sup>3</sup>, Frédéric Ferreira <sup>3</sup>, Patrick Poissignon <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS)–INSU, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR8190 – France

<sup>2</sup> Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS)–INSU, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR8190 – France

<sup>3</sup> Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS)–Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8190, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 : UMR8190 – 11 boulevard d’Alembert Quartier des Garennes 78280 - Guyancourt, France

L’expérience acquise lors du développement d’un démonstrateur en bande X dénommé ROXI, dont l’évaluation s’est réalisée lors de la campagne d’inter-validation instrumentale ATMOS-precip du 15 septembre 2016 au 15 Janvier 2017, a permis de définir l’architecture optimale d’un radar à 9.4 GHz pouvant être mis en œuvre pour des observations continues des propriétés microphysique des nuages précipitants.

Ce radar fournit ces informations sur la verticale entre le sol et le sommet des nuages à haute cadence temporelle permettant ainsi de construire des coupes espace-temps de réflectivité et de vitesse Doppler. Ces mesures permettent de restituer sur de longue période la distribution en taille des hydrométéores liquides ou glacés (PSD/DSD), les contenus en eau ou glace, la vitesse de sédimentation, les rayons médians, moyen, équivalent, effectif des particules nuageuses, de l’extinction, du type d’hydrométéore, de l’altitude de l’eau surfondue, et d’inférer les processus microphysiques. Ces informations peuvent ainsi être utilisées pour améliorer la représentation des nuages chauds ou glacés dans les CRM ou les paramétrisations utilisées dans le GCM, ou pour réaliser des climatologies de ces nuages et contribuer à la documentation des interactions entre nuages et aérosols/gaz réactifs.

Ce poster donne donc quelques informations sur cette architecture, les domaines d’application, l’intérêt de la bande X dans ce domaine de la documentation des systèmes nuageux et quelques illustrations issues des observations réalisées par le démonstrateur ROXI lors d’ATMOS-Precip.

-----

### **McRALI, un simulateur Monte Carlo de référence pour les radars Doppler atmosphériques**

Frédéric Szczap <sup>\*1</sup>, Valéry Shcherbakov <sup>1,2</sup>, Alaa Alkasem<sup>1</sup>, Guillaume Mioche<sup>1,2</sup>,  
Céline Cornet <sup>3</sup>, Olivier Jourdan <sup>1</sup>, Julien Delanoe <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP)–UMR6016 : CNRS / Université Clermont Auvergne  
–4 av. Blaise Pascal, 63178 Aubière Cedex, France

<sup>2</sup> Institut Universitaire de Technologie (IUT d’Allier) – Université Clermont Auvergne – Avenue  
Aristide Briand, 03101 Montluçon, France

<sup>3</sup> Laboratoire d’Optique Atmosphérique (LOA)–UMR8518: CNRS / Université Lille I – Lille, France

<sup>4</sup> Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS)–UMR8190: CNRS /  
Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), Université Pierre et Marie Curie (UPMC) -  
Paris VI, France

Dans l'objectif de mieux interpréter les mesures radar et de calibrer/optimiser les futurs systèmes radar dédiés à l'étude de l'atmosphère terrestre, il est nécessaire d'avoir à disposition un simulateur de référence. Ce dernier doit résoudre les équations vectorielles du transfert radiatif (polarisation, vecteurs de Stokes), prendre en compte la diffusion multiple, la haute résolution spectrale, l'effet Doppler et l'hétérogénéité spatiale tridimensionnelle (3D) des nuages, des vitesses du vent et des précipitations (Non Uniform Beam Filling ou NUBF), et ce pour différentes configurations de mesures (radars embarqués sur plateforme satellite, aéroportés ou au sol). Seul un code basé sur une méthode de Monte Carlo peut convenir à cette tâche.

Dans ce travail, on présente McRALI (Alkasem et al., 2017), un simulateur Monte Carlo de systèmes lidar et radar aéroportés ou embarqués sur plateforme satellite prenant en compte la diffusion multiple, le NUBF, la haute résolution spectrale et l'effet Doppler. On présentera McRALI dans la configuration du radar CPR/CloudSat de la mission A-train et dans la configuration du tout premier radar Doppler (CPR Doppler) de la future mission spatiale EarthCARE.

On présentera aussi McRALI dans la configuration du BASTA aéroportée (Delanoë et al., 2016) tirant à l'horizontale tel qu'il est prévu de l'utiliser durant la future campagne EUREC4A (Bony et al., 2017).

Ces travaux se déroulent dans le cadre du programme EECLAT (Expecting EarthCARE, Learning from A-Train, <http://eeclat.ipsl.jussieu.fr/>) et bénéficient d'un soutien financier du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales).

-----

### **Sondage des panaches de cendres volcaniques par radar transportable à ondes millimétriques**

Franck Donnadiou \*<sup>1</sup>, Valentin Freret-Lorgeril<sup>2</sup>, Julien Delanoë<sup>3</sup>, Frédéric Peyrin<sup>4</sup>,  
Claude Hervier<sup>4</sup>, Thierry Latchimy<sup>4</sup>, Christelle Rossin<sup>4</sup>, Patrick  
Fréville<sup>4</sup>, Christophe Caudoux<sup>3</sup>, Jean-Paul Vinson<sup>3</sup>, Fabrice Bertrand<sup>3</sup>, Christophe  
Le Gac<sup>3</sup>, Joël Van Baelen<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD, OPGC, Laboratoire Magmas et Volcans, Clermont-Ferrand, France (OPGC-LMV) – Université Clermont Auvergne, CNRS – France

<sup>2</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD, OPGC, Laboratoire Magmas et Volcans, Clermont-Ferrand, France (OPGC - LMV) – Université Clermont Auvergne, CNRS – France

<sup>3</sup> Laboratoire ATmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS), Univ. Versailles St. Quentin, Guyancourt, France (LATMOS) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines – France

<sup>4</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, UMS 833, OPGC, F-63177 Aubière, France (OPGC) – Université Clermont Auvergne, CNRS – France

<sup>5</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, OPGC, Laboratoire de Météorologie Physique, Clermont Ferrand, France (OPGC - LaMP) – Université Clermont Auvergne, CNRS – France

L'OPGC développe en partenariat avec le LATMOS un radar Doppler scannant à 95 GHz (3.2 mm), transportable en milieu volcanique (financements CNRS-DEFI, LabEx ClerVolc).

L'objectif est (i) le suivi des cendres à haute résolution spatio-temporelle (extension du nuage, dynamique interne, champs de vitesses, turbulence, sédimentation) et (ii) la quantification de paramètres clés tels que les concentrations et flux particulaires. Sur le plan opérationnel, ces paramètres sont nécessaires pour initialiser les modèles de dispersion des cendres, fiabiliser leurs prévisions et ainsi améliorer l'estimation en temps réel de l'aléa. Les premières mesures radar à 95 GHz ont été réalisées à Stromboli sur plus de 200 panaches avec un prototype radar à visée fixe du LATMOS (mini-BASTA, Delanoe et al., 2016), associé à un disdromètre laser situé à 400 m de l'événement, enregistrant le nombre, la taille et la vitesse de chute des particules au cours du temps. En visée fixe oblique à 2.2 km au NNE des cratères, le radar sondait les cendres issues de la fragmentation de la lave au-dessus des jets, avec une résolution spatio-temporelle de 12.5 m (et 25m) et 1 s. Les émissions de cendres, durant de quelques dizaines de secondes à plus d'une minute, présentent des épaisseurs le long du faisceau de quelques dizaines de mètres au début de l'émission jusqu'à plus d'une centaine de mètres. Les gradients internes de réflectivité apparaissent nettement dans les panaches et les retombés, sans corrélation avec les vitesses internes. Les facteurs de réflectivité mesurés dans les panaches environ 200 m au-dessus de l'événement (-9 à +21 dBZ) sont cohérents avec les valeurs enregistrées à 24 GHz avec un microradar pluie (MRR Metek) situé à 400-650 m au NE des cratères (échantillonnage 10 s, résolution radiale 25 m). La comparaison des réflectivités radar avec les réflectivités et concentrations particulaires calculées à partir des données du disdromètre révèlent des concentrations en cendres jusqu'à 0.5 g/m<sup>3</sup>. Les concentrations particulaires à l'intérieur des panaches de cendres et de leurs retombées excèdent donc de plusieurs ordres de grandeur, jusqu'à plusieurs centaines de mètres de la source, les seuils actuels de la sécurité aérienne, même pour un dynamisme strombolien modeste. Selon l'orientation du vent, les chutes de cendres de certaines panaches ont pu être enregistrées pendant plusieurs minutes lorsqu'elles traversaient le faisceau radar, fournissant des contraintes supplémentaires sur les tailles de cendres et les processus de sédimentation. En particulier, des vagues successives ont été mises en évidence dans les retombées montrant des variations de concentration en cendres d'un facteur 3 en moins de 100 m. Les dépôts de cendres proximaux montrent une distribution unimodale allant de 44 microns à 1 mm (plus rarement 2 mm), avec un mode proche de 0.3 mm. Ceci est probablement représentatif du contenu particulaire des panaches de cendres stromboliens à Stromboli, i.e. principalement des cendres grossières. Les statistiques obtenues sur la taille et la morphométrie des particules pourront être utilisées pour affiner les estimations des paramètres de charge par le biais d'inversions de la réflectivité radar.

-----



## Participants

<b>NOM</b>	<b>Prénom</b>	<b>MAIL</b>	<b>Laboratoire</b>
BANSON	SANDRA	S.Banson@opgc.univ-	LAMP
Barbaresco	Frederic	frederic.barbaresco@thalesgroup	Advanced Radar Concepts
Barthes	Laurent	laurent.barthes@latmos.ipsl.fr	latmos
bezombes	yannick	yannick.bezombes@aero.obs-	laboratoire d'aérologie
Boudevillain	Brice	brice.boudevillain@univ-	IGE
BUISSON	Emmanuel	emmanuel.buisson@weather-	Weather Measures
Catry	Thibault	thibault.catry@gmail.com	IRD, UMR Espace-Dev, Maison de la Télédétection,
cazenave	frederic	frederic.cazenave@ird.fr	IGE/IRD
Clain	Gaelle	gclain.meteomodem@gmail.com	Société MétéoModem
Daspremont	Vincent	vincent.daspremont@alliance-	alliance technologies
DECHAMBRE	Monique	monique.dechambre@latmos.ips	LATMOS
Delrieu	Guy	guy.delrieu@univ-grenoble-	IGE
djrboua	abdelatif	abdelatif.djrboua@rhea.tm.f	RHEA
DONNADIEU	Franck	F.Donnadieu@opgc.fr	Lab. Magmas et Volcans
DURAN-ALARCON	Claudio	claudio.duran@univ-grenoble-	Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) -
duroure	christophe	c.duroure@opgc.fr	LaMP CNRS
Faure	Dominique	dominique.faure@meteo.fr	Météo-France
Fréville	Patrick	P.Freville@opgc.fr	Observatoire de Physique du Globe de Clermont-
Gaussiat	Nicolas	nicolas.gaussiat@meteo.fr	Centre de Météorologie Radar, Météo France,
Gonzalez	Damien	damien.gonzalez@weather-	Autre - Weather Measures
GUERIN	Alain	alain.guerin@irstea.fr	Irstea/Antony/Bassin versa
HERVIER	Claude	c.hervier@opgc.fr	UMS833 (OPGC)
Javelle	Pierre	pierre.javelle@irstea.fr	IRSTEA
Jean-Luc	Froger	froger@opgc.univ-bpclermont.fr	LMV
Kagkara	Christina	C.Kagkara@opgc.univ-	LaMP
LE BOUAR	Erwan	elebouar@novimet.com	NOVIMET
Le Gac	Christophe	legac@latmos.ipsl.fr	LATMOS
Lemaître	Yvon	yvon.lemaître@latmos.ipsl.fr	LATMOS/IPSL/CNRS/UVSQ
LEMORTON	Joël	Joel.Lemorton@onera.fr	ONERA
luron	marie anne	marianne.luron@orange.fr	Centre Emile Durkheim
Malkomes	Paul	paul.malkomes@gamic.com	GAMIC
Martini	Audrey	audrey.martini@latmos.ipsl.fr	LATMOS
Mériaux	Alain	contact@alliance-	alliance technologies
MERINDOL	LAURENT	laurentmerindol@yahoo.fr	CEN / CNRM Météo-France
messenger	christophe	contact@exwexs.fr	EXWEXs
moreau	emmanuel	emoreau@novimet.com	NOVIMET
Parent du Chatelet	Jacques	jacques.parent-du-	CNRM
Peyrin	Frédéric	f.peyrin@opgc.fr	UMS833 OPGC
Pitout	Frederic	frederic.pitout@irap.omp.eu	Institut de Recherche en Planétologie (Irap)
Pla	Guillaume	guillaume.pla@ville-nimes.fr	ville de Nîmes
Quentin	Céline	celine.quentin@mio.osupytheas.	Mediterranean Institute of
Savarino	Michel	michel.savarino@atem.com	Société ATEM
Seck	Ibrahim	ibrahim.seck.ing@gmail.com	LaMP-Laboratoire de Météorologie Physique
Szczap	Frédéric	szczap@opgc.univ-bpclermont.fr	Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP)
TESTUD	Jacques	jtestud@novimet.com	NOVIMET
Tridon	Frederic	ft57@le.ac.uk	Universite de Leicester
VAN BAELEN	Joël	j.vanbaelen@opgc.univ-	Laboratoire de Météorologie Physique
Viltard	Nicolas	Nicolas.Viltard@latmos.ipsl.fr	LATMOS
Yu	Nan	yunansh@hotmail.com	Centre de Météorologie Radar, Météo-France



*"Radars: Technologies, Méthodologies et Applications en Météorologie et au-delà"*

## **R-TMA-2017**

L'atelier R-TMA-2017 a été soutenu financièrement par  
la Mission pour l'Interdisciplinarité du CNRS,  
l'Université Clermont Auvergne,  
et le LaMP/OPGC.





## Cahiers de l'Atelier

R-TMA-2017

*Radars: Technologies, Méthodologies et Applications en Météorologie et au-delà*

Clermont Ferrand

6 & 7 Novembre 2017

---