

Fiche “ Valorisation des résultats des campagnes aéroportées ” Campagne d'évaluation 2015

Nom de la campagne : Megha-Tropiques algorithm validation, phase 1 et phase 2

Projet / Programme de rattachement : Megha-Tropiques

Domaine scientifique : météorologie, physique de l'atmosphère

Avion : Falcon 20

Dates de la campagne : 1) août 2010 2) mi-novembre/mi-décembre 2011

Nombre de jours scientifiques : 2*25

Nombre d'heures de vols : 2*40

Aéroport(s) : 1) Niamey international 2) Gan international

PI (Principal Investigator), Nom, prénom et organisme : Nicolas Viltard, LATMOS , CNRS

Nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs :

Nombre d'ingénieurs et de techniciens :

Nombre d'étudiants :

Fiche remplie par : Nicolas Viltard

Date de rédaction ou d'actualisation de la fiche : 10 mars 2016

Adresse : OVVSQ, Quartier des Garennes, 11 Blv. D'Alembert, 78280, Guyancourt

Email : nicolas.viltard@latmos.ipsl.fr

Tel : 01 80 28 52 33

Résumé (20 lignes maximum) :

Dans le cadre de la mission franco-indienne Megha-Tropiques, deux campagnes ont été financées par le CNES pour caractériser les propriétés de la microphysique glacée dans les nuages précipitants de la convection tropicale. En effet la nature (masse, forme, densité) de la glace joue un rôle de premier plan dans les algorithmes de restitution de la pluie à partir des mesures des radiomètres passifs. La campagne a mis en œuvre le Falcon 20 équipé du radar RASTA (LATMOS, Guyancourt) et du paquet microphysique in-situ du LaMP (Clermont-Ferrand). Les vols étaient coordonnés spatialement avec le radar Doppler en bande C du MIT (USA) et le radar Doppler polarimétrique X-Port (LTHE, Grenoble) afin de croiser les données des radars et les données aéroportées.

Résultats majeurs obtenus (maximum 5 pages)

1 – Contexte scientifique et programmatique de la campagne

La mission franco-indienne Megha-Tropiques a été lancée en octobre 2011 avec pour objectif d'étudier les composantes du cycle de l'eau et de l'énergie dans les tropiques. Pour ce faire, le satellite emporte 3 instruments : ScaRaB, SAPHIR et MADRAS. ScaRaB est un radiomètre VIRS large-bande destiné à mesurer l'énergie rayonnée au sommet de l'atmosphère. SAPHIR est un radiomètre hyperfréquence sondeur qui opère autour de la bande d'absorption de la vapeur d'eau à 183.3 GHz. On notera que dans les régions nuageuses, la diffusion par les cristaux de glace va impacter les mesures de SAPHIR. MADRAS est un radiomètre hyperfréquence imageur opérant dans les canaux fenêtre 19, 23, 36, 89 et 157 GHz. Les trois canaux aux fréquences les plus élevées sont sensibles également à la diffusion par la glace atmosphérique.

Les algorithmes d'inversion pour restituer la pluie à partir des données MADRAS (et/ou SAPHIR) sont donc fortement dépendants de notre connaissance des caractéristiques microphysiques du milieu. Les températures de brillances (TB) mesurées (à ces fréquences) sont affectées en premier lieu par la contenu intégré en glace dans la colonne atmosphérique entre l'instrument et le pixel considéré. Les TBs vont également dépendre de la densité et de la concentration des cristaux présents.

Les deux campagnes dites de « validation algorithmique » Megha-Tropiques ont été conçues pour essayer de construire une statistique de ces propriétés dans des conditions continentale d'une part et océanique d'autre part. De par la nature dynamique très différente de ces deux régimes on s'attend en effet à une différence sensible entre les caractéristiques de la microphysique glacée.

Il est bien sûr impossible de caractériser les propriétés des cristaux de glace à partir de 40h de vol. C'est pourquoi ces vols sont couplés avec un radar polarimétrique sol qui permet de classifier le type de particules observées. Le radar permet lui d'effectuer des mesures pendant une ou plusieurs saisons permettant de constituer une base statistique robuste. Les vols avion servent alors de « validation » in-situ des données du radar sur un nombre limité de cas.

La campagne de Niamey a eu lieu avant le lancement de Megha-Tropiques car elle sert de préparation aux développements algorithmiques et que les résultats obtenus ont pu être comparés avec des radiomètres imageurs déjà en vol : TMI sur TRMM, SSM/I sur DMSP et AMSR-E sur NOAA-19. Celle de Gan au Maldives a eu lieu kuste après le lancement et un certain nombre de comparaisons directes ont pu avoir lieu avec les données MADRAS.

2 – Rappel des objectifs

Les principaux objectifs étaient donc :

- restituer la loi de masse $m(D)$ des particules en fonction de leur diamètre à partir d'images 2D des capteurs microphysiques in-situ.
- A partir de cette loi valide à l'altitude de l'avion, étendre le résultat sur toute la colonne atmosphérique à partir des données du radar Doppler RASTA.
- Etudier la variabilité des différentes lois en question afin d'en vérifier la robustesse.
- Développer une méthode de classification de particules glacées (PID) à partir des données polarimétriques pour le X-Port et utilisation de celle déjà existante sur SPoKa.
- Coupler des résultats de classification obtenues avec les données avions avec les espèces.
- Construire une climatologie de cas à partir des données radars.
- Développer et intégrer une paramétrisation pour le modèle de transfert radiatif et tester la qualité des températures de brillances obtenues avec des données réelles pour vérifier que l'on a effectivement amélioré notre capacité à simuler les TBs.
- Effectuer un certain nombre d'études sur les processus microphysiques complémentaires et opportunistes à partir de jeux de données.

3 – Données acquises et analyses effectuées

Les jeux de données collectés par SAFIR sont donc ceux issus des instruments embarqués sur le FALCON, à savoir :

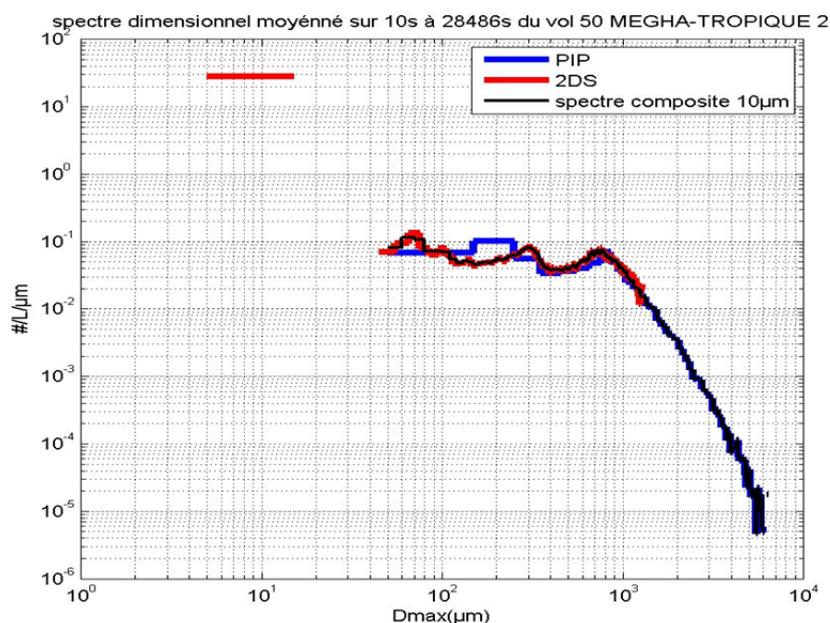
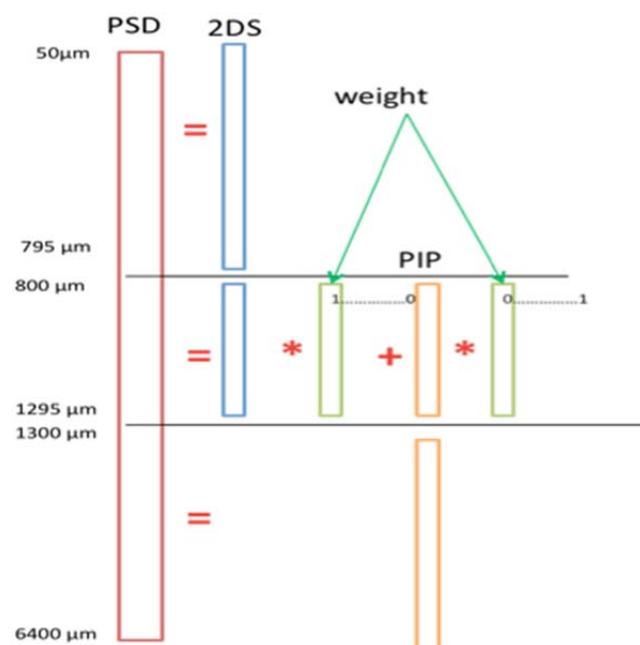
- Les données RASTA de réflectivité et de vitesse Doppler (au-dessus et au-dessous de l'avion).
- Les données microphysiques issues des différentes sondes, à savoir : FSSP, 2D-P, 2D-S, 2D-C, PIP et CIP (sachant que ces sondes ne sont pas toutes montées simultanément).
- Les données avions (attitude, vitesse, température, vent, etc.)

Les données RASTA et in-situ ont toutes été dépouillées et sont mises à disposition sur un site web dédié.

4 – Principaux résultats obtenus (avec quelques illustrations)

Un très important travail a été fait (thèse E. Fontaine) au LaMP sur l'exploitation des données in-situ afin de déterminer les lois masse-diamètre. La difficulté résidait dans le fait que toutes ces sondes mesurent très correctement les tailles de particules par mesure de l'ombre projetée qui est bidimensionnelle par essence. Pour ce faire, des simulations de projections des ombres ont été réalisées pour 45 types différents de particules en prenant en compte les structures 3D permettant de calculer les coefficients a et b des lois de puissance permettant de connaître la masse d'une particule en fonction de son diamètre maximum D_{\max} sous la forme : $m(D_{\max}) = a D_{\max}^b$.

Ces travaux ont permis de montrer que la variabilité de la loi masse diamètre (et celle de la loi aire-diamètre) sont finalement assez stables, avec toutefois une différence marquée entre continent et océan. Les cœurs convectifs de la mousson africaine exhibent des taux de givrage bien plus important qui résultent de la nature très turbulente du milieu. La convection sur l'Océan Indien (qui peut être très profonde) se fait de façon beaucoup moins violente favorisant les modes de croissance plus lents des cristaux.



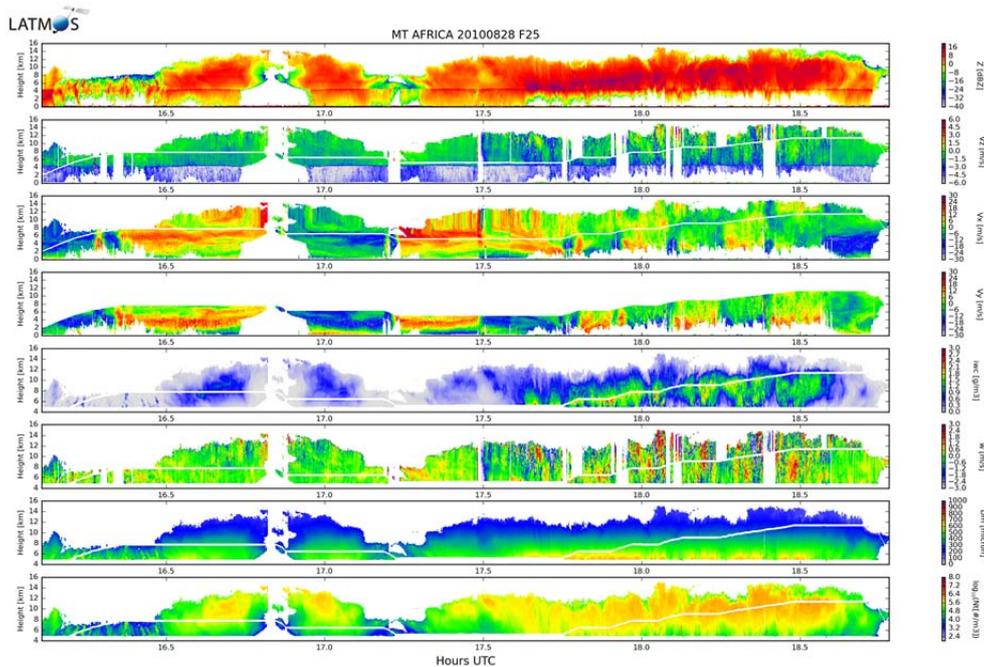
A gauche, schéma montrant les différentes classes de diamètre pour lesquelles les deux sondes in-situ (2DS et PIP) effectuent leurs mesures et comment elles sont combinées dans la zone de transition. A droite, exemple de spectre dimensionnel (concentration de particules par unité de volume échantillonné en fonction de leur diamètre maximal) obtenu sur 10 secondes durant l'un des vols de la campagne MT-II

Trois lois mass-diamètre ont donc été élaborées, l'une pour Niamey 2010, l'autre pour Gan 2011 et une troisième dite « universelle » résultant d'un fit sur l'ensemble des données des deux campagnes.

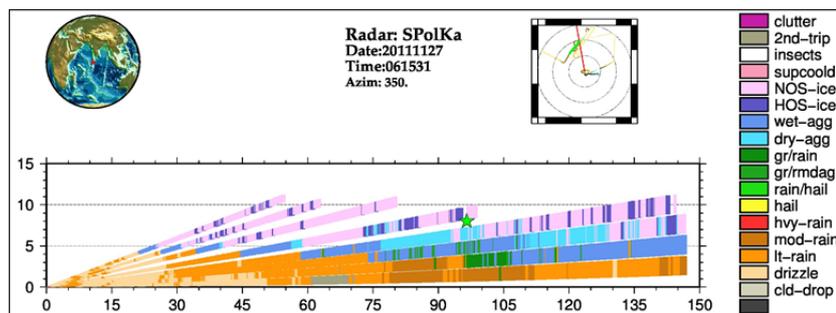
Ces trois relations ont été, d'une part utilisées pour initialiser les restitutions des différentes variables des PSD à partir des données RASTA et d'autre part ont servi de base pour des comparaisons obtenues à partir des radars sol X-Port (Afrique) et SPol-Ka (Maldives).

Dans le premier cas, les données in-situ sont utilisées dans l'algorithme RadonVar qui permet de restituer les éléments principaux de la distribution en taille de particules ainsi que le contenu en glace le long des radiales du radar. Ceci a permis de vérifier qu'il y a, comme attendu, une certaine variabilité des coefficients a et b sur la verticale. En effet les particules sont soumises à des processus de croissance et d'évaporation au cours de leur chute vers le sol qui sont susceptibles de modifier les propriétés de la loi $m(D)$. Les résultats obtenus avec RadonVar, consolidés par les données in-situ à différents niveaux de vol, montrent qu'en effet les coefficients a et b de la loi sont légèrement modifiés. Cet effet n'est toutefois pas pris en compte pour le moment dans la plupart des modèles de transfert radiatif hyperfréquence.

Les données in-situ ont également été utilisées pour être comparée avec les classifications issues des radars polarimétriques sol. On rappelle que ce sont ces derniers qui permettront de construire une typologie statistique robuste des habitudes des différents espèces selon les conditions d'environnement et les types de systèmes.



Exemple de restitution pour le vol du 28 août 2010 à Niamey avec de haut en bas : la réflectivité (Z en [dBZ]), les trois composantes du champ de vent sous l'avion (V_x , V_y , V_z en $[m.s^{-1}]$), le contenu en glace (IWC, *Ice Water Content*, $[g.m^{-3}]$), le w je sais pas ($[m.s^{-1}]$), le diamètre médian (Dm en $[\mu m]$) et la concentration totale des particules (N_T en $[nombre/m^3]$). Sauf pour la réflectivité directement mesurée, l'ensemble de ces variables est restitué par l'algorithme RadonVar.



Coupe verticale de classification de particules obtenue à partir des données polarimétriques du SPol-Ka à Gan le 27 novembre 2011. Le Falcon se trouve au niveau de l'étoile verte à environ 100 km du radar et à 8 km d'altitude. La comparaison nécessairement qualitative entre ces résultats et les images des sonde in-situ montre un excellent accord dans la plupart des cas quelque soient les altitudes ou les systèmes.

Tableau récapitulatif

		Nombre
1	Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées dans JCR (<i>Journal Citation Reports</i>) (ajouter des lignes si nécessaire)	
	Année n+1 :	0
	Année n+2 :	0
	Année n+3 :	3
	Année n+4 :	4
	Année n+5 :	-

	Année n+6 :	-
	Année n+7 :	-
	Total	7
2	Publications dans d'autres revues ou ouvrages scientifiques faisant référence dans le domaine	
3	Publications sous forme de rapports techniques	
4	Articles dans des revues ou journaux « grand public »	
5	Communications dans des colloques internationaux	
6	Documents vidéo-films	
7	DEA ou MASTER 2 ayant utilisé les données de la campagne	5
8	Thèses ayant utilisé les données de la campagne	3
9	Transmission à une banque de données	
10	Considérez-vous la publication des résultats terminée ? Si en cours, préciser et donner les échéances	
		Non/Oui
		en cours/ terminée

Références

R1 - Références des publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées dans JCR (vérifier dans la base « Journal Citation Reports » via « ISI Web of Knowledge » si les revues sont bien référencées) et **résumés des principales publications.** (Les classer par années croissantes).

R2 – Références des publications parues dans d'autres revues ou des ouvrages scientifiques faisant référence dans la discipline. (Les classer par année).

1. Drigeard E; E Fontaine; W Wobrock; A Schwarzenböck; C Duroure; E Williams; B Russell; A Protat; J Delanoë; C Frederic; M Gosset, 2015 : A comparison of airborne in-situ cloud microphysical measurement with ground based C-band radar observations in deep stratiform regions of African squall lines. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 2015 ; doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0262.1>
2. Alcoba, M., M. Gosset, M. Kacou, F. Cazenave and E. Fontaine, 2015 : Characterization of Hydrometeors in Sahelian Convective Systems with an Xband radar and comparison with in situ measurements. Part 2 : a simple bright band method to infer the density of icy hydrometeors. *JAMC*. DOI: 10.1175/JAMC-D-15-0014.1
3. Cazenave C., M Gosset, M Kacou, E Fontaine, M Alcoba and C Duroure, 2015 : Characterization of Hydrometeors in Sahelian Convective Systems with an Xband radar and comparison with in situ measurements. Part 1 : Sensitivity of polarimetric radar particle identification and case study evaluation.” DOI: 10.1175/JAMC-D-15-0013.
4. Martini A., N. Viltard, S. M. Ellis, E. Fontaine, 2015: Ice Microphysics Retrieval in the convective systems of the Indian Ocean during the CINDY-DYNAMO campaign. *Atmospheric Research*, Elsevier, 2015, 163, pp.13-23. [10.1016/j.atmosres.2014.12.013](https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.12.013)
5. Koffi, A. K., M. Gosset, E.-P. Zahiri, A. D. Ochou, M. Kacou, F. Cazenave, and P. Assamoi, 2014: Evaluation of X-band polarimetric radar estimation of rainfall and rain drop size distribution parameters in West Africa. *Atmos. Res.*, 143, 438–447. doi:10.1016/j.atmosres.2014.03.009.
6. Fontaine, E., Schwarzenboeck, A., Delanoë, J., Wobrock, W., Leroy, D., Dupuy, R., and Protat, A.: Constraining mass–diameter relations from hydrometeor images and cloud radar reflectivities in tropical continental and oceanic convective anvils, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 14, 2983–3041, doi:10.5194/acpd-14-2983-2014, 2014
7. Koffi A.K., M. Gosset, E.-P. Zahiri, A.D. Ochou, M. Kacou, F. Cazenave, P. Assamoi. (2014) Evaluation of X-band polarimetric radar estimation of rainfall and rain drop size distribution parameters in West Africa. *Atmospheric Research* 143, 438-461

R3 – Références des rapports techniques. (Les classer par année).

R4 – Références des articles parus dans des revues ou des journaux « grand public ». (Les classer par année).

R5 – Références des communications dans des colloques internationaux. (Les classer par années croissantes).

R6 – Liste des documents vidéo-films. (Les classer par année).

R7 – DEA ou MASTER 2 ayant utilisé les données de la campagne (Nom et Prénom de l'étudiant, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER, Date de soutenance)

R8 – Thèses ayant utilisé les données de la campagne (Nom et Prénom de l'étudiant, Laboratoire d'accueil. Sujet de la thèse, Date de soutenance)

Fontaine Emmanuel, LaMP, 2014 : Masse des cristaux de glace et facteurs de réflectivité radar dans les systèmes de nuages convectifs de moyenne échelle formés dans les Tropiques et la région de la mer Méditerranée

Drigeard Elise, LaMP, 2014 : Microphysique glacée des systèmes convectifs observés dans le cadre de Megha-Tropiques en Afrique de l'Ouest : comparaison des mesures aéroportées avec des radars sol et un modèle numérique.

Kacou Modeste, GET, 2014 : Analyse des précipitations en zone sahélienne à partir d'un radar bande X polarimétrique.

R9 – Liste des données transmis (Préciser les destinataires, SEDOO, autres banques de données, équipes scientifiques ...)

R10 – Liste des résultats restant à publier – échéance