Consultation BDD

PMA

Type

Coordination

OPGC Erwan THÉBAULT p.coutris@opgc.univ-bpclermont.fr

Partenaires

Description

1 1. Objectifs scientifiques: La PMA est un outil de recherche dédié à la caractérisation in situ des propriétés physicochimiques et optiques des particules de nuage et dans l'étude des processus microphysiques qui gouvernent la formation des nuages et des précipitations dans l'atmosphère terrestre. Elle permet l'évaluation de l'effet indirect des aérosols et de l'impact de différents types de nuage (cirrus, trainées de condensation, systèmes convectifs à méso-échelle tropicaux, systèmes orageux aux latitudes moyennes, nuages arctiques en phase mixte, etc…) sur le bilan radiatif terrestre, lesquels ont été identifiés comme source d'incertitude majeure pour la prévision du climat global (Figure SPM.5 du rapport IPCC 2013). Dans ce cadre, les mesures in situ de la PMA répondent aux enjeux scientifiques suivants : (i) Caractériser les propriétés microphysiques et optiques telles que spectres dimensionnels (PSD) et tailles caractéristiques (rayon effectif, diamètre massique médian), phase thermodynamique et contenu en eau liquide (LWC) et/ou glace (IWC), indicatrice de diffusion, coefficient d'extinction.., dans différents types de nuages (projets HAIC, ICEGENESIS, DACCIWA, EXAEDRE, ACLOUD, AFLUX, EUREC4A, MOZAIC…) (ii) Déterminer des paramétrisations réalistes (relations masse-diamètre, surface-diamètre, aplatissement, rugosité...) des hydrométéores naturels permettant de décrire la phase glace dans les modèles numériques (AROME-OM/LIMA ou ICE3, MesoNH/LIMA, DESCAM) et dans les algorithmes de restitution des produits de télédétection (ex. : DARDAR-MASK/CLOUD) (iii) Comprendre et décrire les processus microphysiques fondamentaux gouvernant la formation de particules nuageuses, tels que les processus de nucléation et de production de glace secondaire (détermination de la composition chimique des noyaux glaçogènes et des noyaux de condensation naturels, discrimination entre gouttelettes et petits cristaux), de croissance des particules de nuage jusqu'aux précipitations (iv) Valider les sorties de modèles atmosphériques et les produits microphysiques et optiques (nuages et aérosols) restitués à partir des mesures de télédétection aéroportées (RASTA 94GHz) et satellitaires (missions CALIPSO, CLOUDSAT, MEGHA-TROPIQUES, MSG, EARTHCARE) (v) Caractériser la microphysique des nuages à l'origine de phénomènes météorologiques dangereux tels que les précipitations intenses, les zones à fort contenu en glace, sources de givrage en aéronautique (projets MEGHA-TROPIQUES, HYMEX, HAIC, EXAEDRE…) et de supporter le développement de produits satellitaires spécifiques (ex. : « Rapid Developping Thunderstorms » de MétéoFrance, « high IWC » du KNMI) Concernant la microphysique nuageuse, les principaux verrous actuels ont trait à la phase glace. La PMA est particulièrement adaptée à l'étude des nuages mixtes et glacés précipitants et nonprécipitants (particules de formes complexes, non sphériques) et la combinaison « radar aéroporté 94 GHz/mesures in-situ » fréquemment utilisée dans les projets collaboratifs est riche en enseignements pour les activités de CAL/VAL propres aux missions spatiales en cours et à venir (TRMM/DPR, CloudSat, EarthCare, 3MI/EPS-NG). 2. Dispositif expérimental: La PMA est une suite d'instruments scientifiques à la pointe de ce qui se fait dans le monde permettant de caractériser les propriétés microphysiques et optiques des particules nuageuses in situ. Les principaux instruments de la plateforme, particulièrement adaptées à l'étude des nuages en phase glace et/ou en phase mixte comportant des particules de formes non-sphériques et complexes, sont : · Des imageurs de particules (notamment cristaux de glace) de résolutions différentes et couvrant une gamme de tailles allant de quelques micromètres à plusieurs millimètres, pour mesurer les propriétés des hydrométéores particule par particule et restituer les spectres dimensionnels en nombre et en masse, les propriétés morphologiques des hydrométéores,…: - Sondes à capteurs photographiques (CCD, CMOS) : HSI (High Speed Imager, résolution de 5?m, D<2-3mm) et CPI (Cloud Particle Imager, résolution de 2.3 ?m, D<2.3mm) - Sondes à barrette de diodes, basées sur l'ombroscopie temporelle d'une rangée linéaire de photodiodes : 2D-S (2D-Stéréo, résolution de 10 ?m, D<1.3mm), PIP (Precipitation Imaging Probe, résolution de 100 ?m, D<6mm), HVPS (High Volume Particle Sampler, résolution de 150 ?m, D<19mm) · Des spectromètres optiques permettant d'accéder à la taille et la concentration des petites particules individuelles (gouttelettes et petits cristaux) : - CDP-2 (Cloud Droplet Probe) et FCDP (Fast Cloud Droplet Probe) pour mesurer le spectre dimensionnel des gouttelettes et petits cristaux de glace sphériques; - CPSPD (Cloud Particle Spectrometer with Polarization Detection), similaire à la CDP-2 mais avec mesure supplémentaire de la dépolarisation pour clairement différencier gouttelettes et petits cristaux de glace. · Le Néphélomètre Polaire (PN) du laboratoire pour la caractérisation in-situ de l'indicatrice de diffusion des particules nuageuses. Cet appareil a été conçu et développé au LaMP. L'exemplaire unique a fonctionné avec beaucoup de succès au cours de nombreuses campagnes de mesure. Une nouvelle génération de cet instrument a été réalisée au LaMP ces dernières années et participera dès 2020 à des campagnes aéroportées (MOSAiC, ICE-GENESIS, ECO2FLY); · La sonde à impaction virtuelle CVI (Counterflow Virtual Impactor - version aéroportée) conçue au LaMP pour la mesure directe LWC et/ou IWC ainsi que la caractérisation physico-chimique des noyaux de condensation (CCN) et des noyaux de glace (IN) des nuages. Au sein de la communauté scientifique nationale, la PMA participe à l'instrumentation des avions de recherche atmosphérique français de la flotte SAFIRE (ATR-42 et Falcon 20). A ce titre, elle est labellisée « Instrument national » de l'INSU depuis 2008. Elle est également embarquée sur avions de recherche étrangers (Falcon 20 du DLR, Polar-5 et Polar-6 de l'AWI). Déployée lors des campagnes de mesures aéroportées réalisées dans le cadre de projets de recherche collaboratifs internationaux (projets HAIC, ICE-GENESIS, DACCIWA, EXAEDRE, ACLOUD, AFLUX, EUREC4A, MOZAIC…), elle permet de collecter des données in situ de grande qualité. Les principales propriétés mesurées et/ou restituées sont : · Spectre dimensionnel en nombre et en masse des hydrométéores (cristaux de glace et gouttelettes) · Propriétés optiques (asymétrie, extinction,…) des particules nuageuses et d'aérosol · Contenu en glace (IWC) et en eau liquide (LWC) · Catalogue de la morphologie d'images en 2D de cristaux de glace · Propriétés physico-chimiques des particules d'aérosol (notamment CCN et IN). Le dispositif expérimental inclus également des moyens d'étalonnage spécialement développés pour les sondes optoélectroniques par l'équipe PMA, qui complètent les moyens d'étalonnage fournis par les constructeurs (lorsqu'ils existent). Ils comprennent : · des disques tournants pour imageurs 2D (2D-S, PIP, HVPS) imprimés de motifs étalons (tailles entre 20 ?m à plusieurs mm, formes et orientations diverses) ou percés de trous diffusants, · des générateurs de gouttelettes monodispersées controlées en taille et concentration (par caméra métrologique, tailles comprises entre 10 ?m et 1 mm) pour l'étalonnage des spectromètres optiques (CDP-2, FCDP, CPSPD) adaptés à la mesure en phase liquide (gouttelettes) et glace (petits cristaux) et des imageurs 2D, · un générateur de gouttelettes polydispersées, · un dispositif d'injection de billes de verre calibrées et · des analogues de glace (cristaux synthétiques). Ces dispositifs sont conçus pour une utilisation en laboratoire mais certains sont adaptés pour utilisation sur avion durant les campagnes. Pour finir, l'équipe PMA développe et améliore continuellement des outils numériques pour le traitement de données brutes (traitement d'images, identification et correction des artefacts de mesure, restitution des propriétés mesurées) et l'étude des principes physiques de la mesure (diffusion de la lumière, étude théorique de la diffraction de la lumière pour imageurs, code de génération de particules artificielles pour l'étude de la projection d'objets 3D sur un plan 2D,…). Nous nous occupons également du traitement des données des instruments de mesures microphysiques appartenant à SAFIRE (notamment PCASP, FSSP-300, FSSP-100, CIP (Cloud Imaging Probe), Nevzorov, Robust et Rosemount Icing probe.