

La sonde Cloud Particle Spectrometer with Polarization Detection (CPSPD) de la plateforme de mesure aéroportée LaMP / OPGC

R. Dupuy, C. Gourbeyre, A. Schwarzenboeck, G. Febvre et O. Jourdan

Laboratoire de Météorologie Physique, Centre National de la Recherche Scientifique / Université Blaise Pascal, Aubière, France.

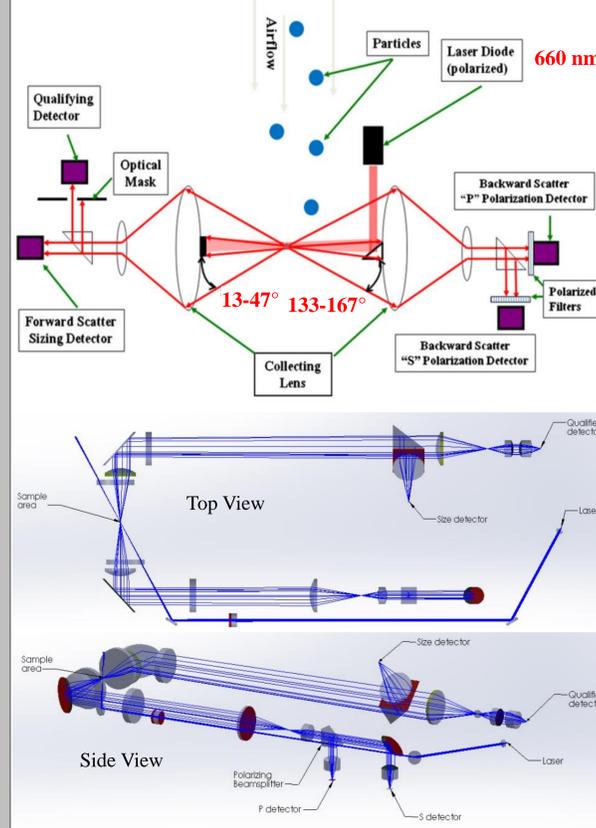


Introduction

La sonde CPSPD est un instrument de mesure aéroporté développé pour étudier les caractéristiques physiques des petites particules nuageuses et des gros aérosols. Cette sonde vient ainsi combler une lacune dans la mesure pour ces tailles de particules pour lesquelles il existe peu d'informations microphysiques (taille, forme, indice de réfraction, ...).

Cet instrument de 4^{ème} génération fonctionne sur le principe éprouvé de mesure de la diffusion de la lumière par les particules. Toutefois, en plus d'une mesure de la diffusion vers l'avant pour mesurer la taille des particules, elle possède une mesure de la diffusion arrière associée à une détection de la polarisation de la lumière qui fournit des informations supplémentaires sur leur forme et leur composition.

Vues descriptives



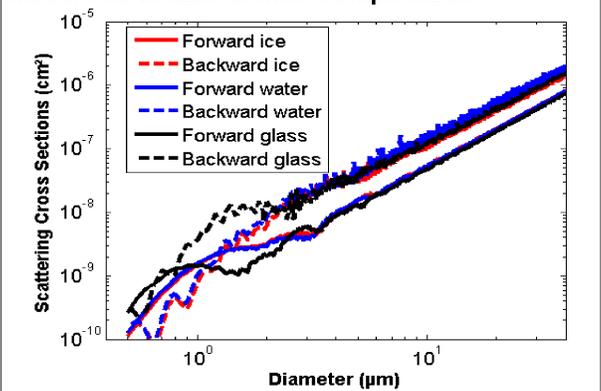
Description et avantages du design choisi

Le système optique de la sonde est montré dans les vues descriptives. La figure du haut montre la relation entre le laser (660 nm), la zone d'échantillonnage et les optiques (cône de collection de 34° centré à 30° et 150°). La mesure de la diffusion vers l'avant (30°) est associée à un détecteur derrière un masque afin de définir la zone où la particule est parfaitement échantillonnée (focalisée et centrée). De manière similaire, des informations sur la forme du signal mesurant la diffusion arrière sont comparées pour s'assurer du bon échantillonnage des voies S et P.

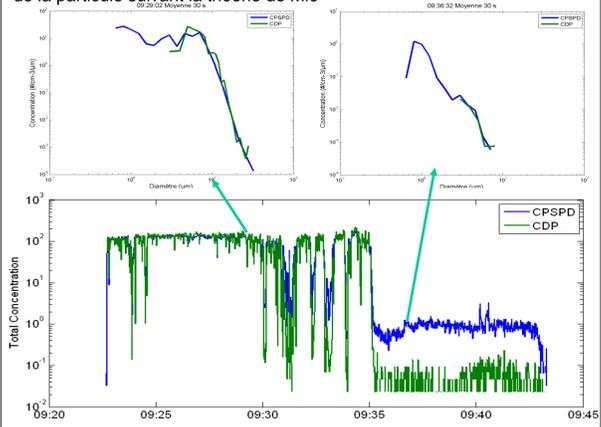
La figure du bas fait ressortir les avantages du système optique avec des détecteurs placés en dehors de l'axe traditionnel de mesure. Ainsi, 1) les points où le laser passe à travers les fenêtres sont complètement en-dehors du champ de vision des détecteurs, 2) la réponse de la diffusion en fonction de la taille de la particule suivant la théorie de Mie est beaucoup plus monotone à 30° qu'à 5° (cf. figure ci-dessous) et 3) il y a moins de chance, à fortes concentrations, d'avoir des particules simultanément éclairées par le laser et dans le champ de vision des détecteurs.

La comparaison avec la sonde CDP (ci-dessous) montre ainsi des spectres équivalents dans leur gamme de mesure respectives (0,5-40 μm pour la CPSPD et 2-50μm pour la CDP). Toutefois, on remarque que les spectres dimensionnels obtenus avec la CPSPD n'oscillent pas. Cela est dû à la réponse monotone du système de mesure de la diffusion de la CPSPD.

Mesure de la taille et inter-comparaison



Réponse de la CPSPD à la mesure de la diffusion en fonction de la taille de la particule suivant la théorie de Mie



Dépolarisation et caractérisation des particules

- L'apport d'un indicateur de dépolarisation peut permettre de :
 - Différencier les phases liquide et solide (figures de droite)
 - Distinguer les particules d'aérosol en fonction de leur indice de réfraction (figure ci-dessous)
 - Caractériser la forme des petits cristaux (en cours)

Pour ce faire, des rapports différents de dépolarisation peuvent être obtenus en combinant les voies de mesure de la diffusion arrière (S et P). Afin de distinguer simplement l'eau de la glace (présentée à droite), un seuil arbitraire de 0.35 a été choisi sur le rapport de dépolarisation (S/S+P) pour tous les diamètres. Dans le futur, grâce à une calibration à l'aide d'analogues de glace, il sera aussi possible d'avoir une indication sur la forme des cristaux de glaces inférieure à 50μm.

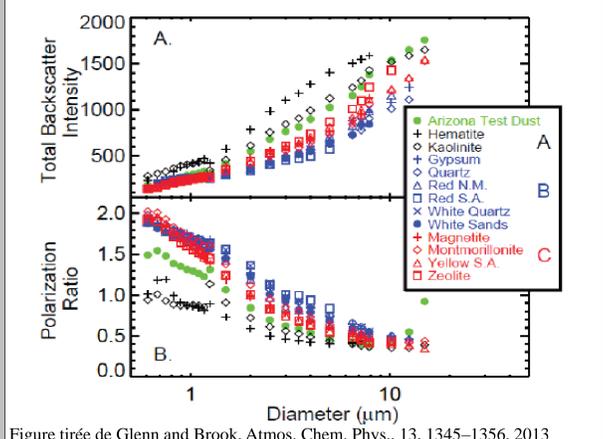
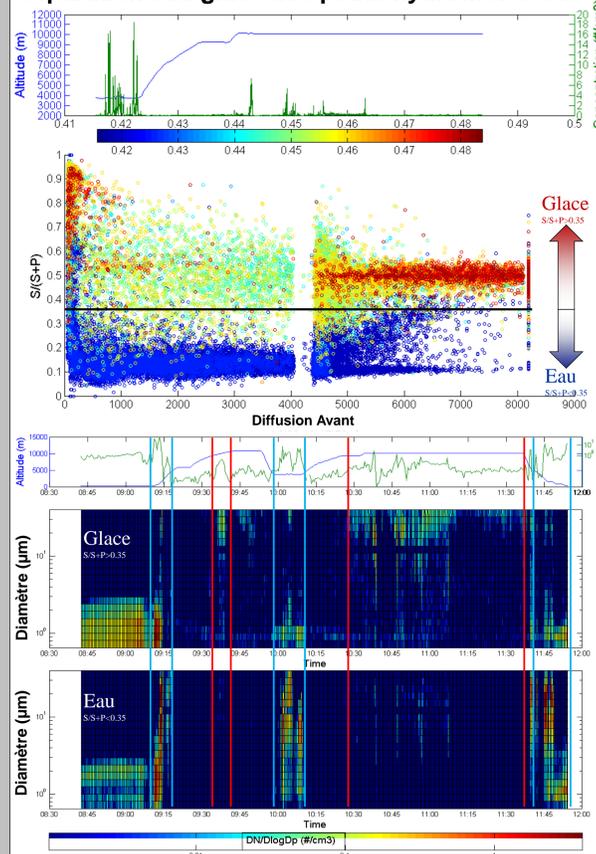


Figure tirée de Glenn and Brook, Atmos. Chem. Phys., 13, 1345–1356, 2013

Séparation eau/glace des petits hydrométéores



Conclusion

Les premières mesures obtenues avec la nouvelle sonde CPSPD ont permis de montrer sa capacité à séparer les petits cristaux de glaces des gouttelettes d'eau. Cette sonde ouvre ainsi de nouvelles perspectives d'études des propriétés des nuages à phase mixte. La calibration complète des capteurs à l'aide d'analogues de cristaux de glaces permettra de mieux caractériser les petits hydrométéores.

Remerciements : La CPSPD a été financée par l'European Aviation Safety Agency (EASA). Nous remercions Darrel Baumgardner (Droplet Measurement Technologies) pour les informations sur la dépolarisation et les courbes de Mie associée à la sonde.