



LIDAR Raman pour la mesure de la vapeur d'eau dans la haute troposphère et la basse stratosphère

Y.Courcoux (UMS 3365) J.L.Baray (UMS 3365- UMR 8105) P.Keckhut (UMR 8190) C.Hoareau (UMR 8190 puis UMR 8539) J.Porteneuve (Gordien Strato)





Contexte scientifique



Smith et al., GRL, 2001

- Impact radiatif
- Trends (CH4, climat)
- Cycle de le'au dans l'UTLS (nuage, transport)



Bony et Dufresne



Mesures H2O dans l'UTLS





WAVACS

Montoux et al.





Objectif des développements instrumentaux:

- obtenir de manière opérationnelle des profils de vapeur d'eau jusqu'à l'UTLS aux Latitudes subtropicales,

-3 phases de développement:

1. caractérisation des cirrus à partir d'une adaptation du lidar température en service depuis 1994

2. développement d'un prototype pour la mesure de vapeur d'eau Raman et validation de la méthode à partir d'un instrument existant,

3. développement d'un système opérationnel pour le site du Maïdo,

- Principe de la mesure de la vapeur d'eau:
- Mesure du rapport de mélange entre le signal Raman H20 (660 nm) et le signal Raman N2(607 nm) par tranche D'altitude,
- besoin de connaître les coefficients d'absorption et de déteminer une constante de calibration de l'instrument
- -STRATOSPHERE TEMPERATURE MEASUREMENT USING RAMAN LIDAR, Keckhut et al., *Applied Optics*, 29, 5.182-5.186, 1990.
- IMPLEMENTATION AND VALIDATION OF A RAMAN LIDAR MEASUREMENT OF MIDDLE AND UPPER TROPOSPHERIC WATER VAPOR, Sherlock V. et al. *Applied Optics*, 38, 5838-5850, 1999. - METHODOLOGY FOR WATER MONITORING IN UPPER TROPOSPHERE WITH RAMAN LIDAR AT
- OBSERVATORY OF HAUTE-PROVENCE, Hoareau, et al., JAOT, 26(10), 2149-2160, 2009,







LIDAR et Longueur d'onde.

LIDAR marche avec un LASER => un seul λ émis.

| _ | | |
|---|--|--|
| | | |
| _ | | |

Pourtant plusieurs λ reçus : diffusion



2. Une partie de la diffusion se fait à un λ identique de celui émis, => $\lambda_{\text{Rayleigh-Mie}}$ pour l'ensemble des molécules et particules!







Lidar Rayleigh – Raman – Mie actuel





Résultats préliminaires: Méthodologie, validation, premières climatologies

- Base de données lidar Raman 2002-2005 : une centaine de nuits d'acquisition et 350 profils de vapeur d'eau indépendants (traitement selon: Hoareau et al, Journal of atmospheric and oceanic technology, vol.26, DOI:10.1175/2009JTECHA1287.1, 2009)
- Mesures simultanées Raman-CFH le 15 mars 2005 : bon accord
- Cycle saisonnier du profil de vapeur d'eau typique d'un site tropical et cohérent avec les observations par radiosondages



Résultats obtenus entre 2002 et 2005 avec le prototype



Fig. 5. Dataset histogram over the period 2002-2005.



FIg. 7. Mean water vapor mixing ratio vertical profiles during the period 2002–2005 regarding the moist and dry season (right panel) and relative difference between the seasons (left panel)



Fig. 3. Intercomparison between H2O Raman lidar, Cryogenic Frost point Hygrometer (CFH) sonde and ECMWF operational analysis on 15 March 2005. The calibration coefficient and his error are shown on the left. Calibration has been realized using ECMWF Operational data before comparison with CFH.



Fig. 10. Histograms of cirrus optical thickness binned on a log scale. Lettering along the abscissa (left panel) corresponds to the following optical thickness intervals: A = (0.001-0.003), B = (0.003-0.01), C = (0.01-0.03), D = (0.03-0.1), E = (0.1-0.3), F = (0.3-1.0). The right panel shows the combined results according to subvisible cirrus (SVC) and visible cirrus (VC). Categories A–C comprises the SVC component and D-F comprises the VC component.



FIg. 11. Probability Density Function (PDF) of the different characteristics of cirrus clouds observed at Reunion Island over the period 2002–2005. The panels (a), (b), (c) and (d) represent respectively the top of cirrus clouds, geometrical thickness, the optical depth and the mean altitude.



INSU

Observer & comprendre

Fig. 13. Representation of different cirrus cloud classes. Left panels represent the scattering ratio profiles for each class and right panels represent the corresponding MeteoSat image. Reunion Island is indicated by yellow cross. Atmospheric move is represented by red arrows. The corresponding dates are 16 March 2005, 15 December 2004 and 9 February 2003 (from the top to the bottom).



Cycle diurne des profils de vapeur d'eau

- Observation d'un cycle diurne mais qui semble inférieur à la variabilité atmosphérique de la vapeur d'eau
- Observation fréquentes mais non systématiques de distributions bimodales à l'altitude de l'inversion des alizés



Faibles contraintes sur l'heure de mesure







Lidar vapeur d'eau et température destiné à la station du Maïdo (Mise en service juillet 2012)

Lidar vapeur d'eau et température – Télescope de 1200 mm

→ température stratosphérique (NDACC) et mésosphérique et vapeur d'eau UTLS (NDACC)

→ base optique éprouvée : ex -télescope du CEL Biscarrosse (8 années de mesures)

→ CLIMATOLOGY AND TRENDS OF THE MIDDLE ATMOSPHERIC TEMPERATURE (33-87 KM) AS SEEN BY RAYLEIGH LIDAR OVER THE SOUTH OF FRANCE,, Hauchecorne et al, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 96, NO. D8, PAGES 15,297-15,309, AUGUST 20, 1991

→ Midlatitude long-term variability of the middle atmosphere: Trends and cyclic and episodic changes, P. Keckhut

et al, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 100, NO. D9, PAGES 18,887-18,897, SEPTEMBER 20, 1995

 \rightarrow Mesospheric temperature inversions observed from long-term lidar measurements at mid- and low-latitudes, T.Leblanc et al, Optical remote sensing for industry and environmental monitoring. Conference, 1998, vol. 3504, pp. 256-263, Spie proceedings series,

→ MESOSPHERE INVERSION LAYERS AND STRATOSPHERE TEMPERATURE ENHANCEMENTS, J.W.Meriwether et al, Rev. Geophys., 42, RG3003, doi:10.1029/2003RG000133., 2004,

 \rightarrow Vertical structure of the midlatitude temperature from stratosphere to mesopause (30-105 km), She et al, Geophysical Resarch Letter, Vol.22, n°4, pages 377-380, 1995

→ certitude d'atteindre la mésosphère pour la mesure de température

→ instrument évolutif car beaucoup de choses à tester car non figées au niveau NDACC actuellement : calibration, longueurs d'onde,puissance,....

 \rightarrow prise en compte des conclusions du LWG de 2010 dans la conception

 \rightarrow investissement de 500 000 euros

→ thèse de C. Hoareau soutenue en novembre 2011 et une publication : A Raman lidar at La Reunion (20.8 S,55.5 E) for monitoring water vapor and cirrus distributions in the subtropical upper troposphere: preliminary analyses and description of a future system, C. Hoareau et al, Atmos. Meas. Tech. Discuss., 4, 6449–6496, 2011 → Assemblage complet à Guyancourt pour validation et finalisation procédure installation

Recombinaison de faisceaux laser

CIERCE

INSU

Observer & comprendre

Afocal d'émission

Alignement du miroir secondaire de réception

Autocollimation du miroir de réception

La suite au Maïdo dans quelques semaines

