

Observations de l'atmosphère de Titan avec ISO et Cassini-Huygens. A. Coustenis, B. Bézard, R. Courtin, C. de Bergh, Th. Encrenaz, D. Gautier, E. Lellouch, A. Marten, R. Moreno, S. Vinatier, Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique (Observatoire de Paris-Meudon, 92195 Meudon Cx)

1. Introduction: Titan est un des objectifs majeurs de la mission Cassini-Huygens arrivée dans le système de Saturne depuis Juillet 2004. L'étude de son atmosphère et de sa surface a fait l'objet d'intenses investigations depuis de nombreuses années en utilisant les données Voyager, mais aussi des observations du sol avec les plus grands télescopes, ainsi que de l'espace avec ISO et le HST.

Au cours des 4 dernières années, nous avons effectué une étude approfondie de l'atmosphère et de la surface de Titan à partir de données au sol (CFHT, VLT, IRAM) et dans l'espace (Voyager, ISO, HST et surtout Cassini-Huygens), que nous modélisons la structure atmosphérique de Titan avec un code de transfert radiatif.

Cette étude a donné par le passé des nombreux résultats dont : (a) un modèle complet de la composition et de la température de Titan ; (b) une série de premières détections dans la stratosphère : H_2O , C_6H_6 , CH_3CN , etc ; (c) des déterminations des rapports isotopiques et des profils des composants tels que HCN , CO , HC_3N etc.

Nous présentons ici les résultats obtenus à partir de l'analyse des spectres pris au sol (IRAM) ou de l'espace avec Cassini/CIRS ou ISO.

2. Composition chimique de la haute stratosphère de Titan à partir de mesures hétérodynes :

Les nombreuses observations de Titan que nous avons obtenues avec le Radiotélescope de l'IRAM à Grenade (Espagne) ont montré que les profils verticaux de plusieurs composés minoritaires (nitriles) pouvaient être dérivés dans la stratosphère et la basse mésosphère (voir Marten *et al.* 2002). Par la suite, en 2003, 2004 et 2005, nous avons effectué plusieurs campagnes d'observations utilisant l'Interféromètre du Plateau de Bure de l'IRAM (PdBI) qui nous ont permis d'effectuer des cartographies partielles de Titan dans les raies de CO , HC_3N et CH_3CN avec une résolution spatiale de 0.6", (à comparer à une taille globale de 1.1" qui inclut l'atmosphère étendue). En raison des excellentes conditions atmosphériques et du temps d'observation suffisant, des variations de concentrations ont été observées sur le disque planétaire, qui semblent différentes pour HC_3N et CH_3CN (Marten, Moreno 2003). De plus les profils verticaux, en accord avec les profils moyens (sur tout le disque) déjà obtenus, ont pu être estimés à plus haute altitude, au delà de 400 km .

Le très grand pouvoir de résolution spectrale de nos mesures nous a permis aussi de déterminer la vitesse des vents zonaux dans la haute atmosphère ainsi que le sens de la circulation de ceux-ci (Moreno *et al.* 2005). Deux régimes de vents sont observés avec des

vitesse moyennes de 160 et 60 m/s aux altitudes respectives de 300 et 450 km. Les trois séries d'observations conduisent aux mêmes résultats de vitesse. Il faut noter que ces mesures donnent les informations de vent à plus hautes altitudes que celles directement mesurées par la sonde Huygens de Cassini en janvier 2005.

L'analyse détaillée de toutes les données spectrales est en cours afin que les résultats des concentrations puissent être confrontés avec ceux obtenus avec le spectromètre infrarouge CIRS/CASSINI (Flasar *et al.*, 2005 ; Coustenis *et al.*, 2006) . Il semble toutefois que CH_3CN n'ait pas encore été détecté par CIRS et que les mesures radio soient les seules à apporter des informations sur ce composé.

3. L'atmosphère de Titan avec ISO

Le spectromètre SWS d'ISO a permis la première détection de la vapeur d'eau (Coustenis *et al.*, 1998).

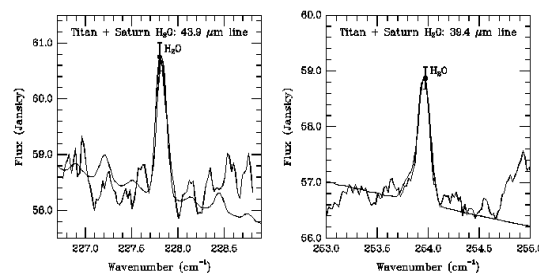


Fig. 1 : Détection de H_2O par ISO/SWS.

Par ailleurs, les abondances moyennées sur le disque de Titan déduites par l'analyse des spectres ISO ont permis de mieux contraindre la photochimie dans l'atmosphère du satellite (Coustenis *et al.*, 2003).

4. L'atmosphère de Titan avec Cassini

Outre l'instrument Huygens/ASI (PI M. Fulchignoni), qui a fourni les mesures de densité et de température en fonction de la pression lors de la descente de la sonde dans l'atmosphère de Titan, et DISR (l'imageur-spectromètre sur cette même sonde), le pôle planétologie de notre laboratoire participe à l'exploitation des données obtenus par des instruments sur l'orbiteur tels que VIMS et CIRS.

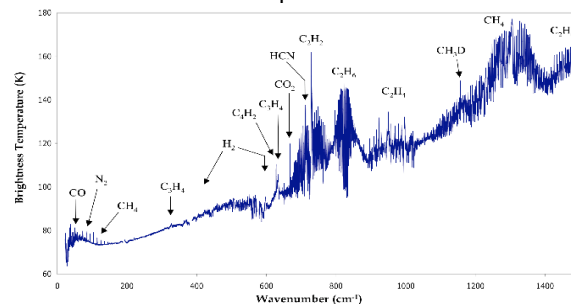


Fig. 2 Spectre composite pris par Cassini/CIRS.

4.a) structure thermique et chimique à partir des données Cassini/CIRS et Huygens ASI

Après les récents survols de Titan par Cassini (T0-T10), l'instrument CIRS a fourni une grande somme de spectres dans l'infrarouge thermique (entre 10 et 1500 cm^{-1}) qui sont d'une grande valeur pour l'étude de la composition chimique et de la structure thermique de la stratosphère de Titan.

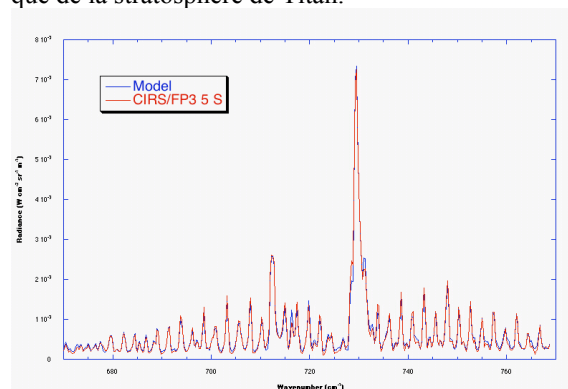


Fig. 3 : Fit du spectre à 5°S à 2.8 cm^{-1} de résolution. Nous avons ainsi obtenu (a) une estimation de l'abondance du méthane (1.6%); (b) les abondances et leurs variations spatiales des composés mineurs de Titan et les profils thermiques entre 85°S et 75°N .

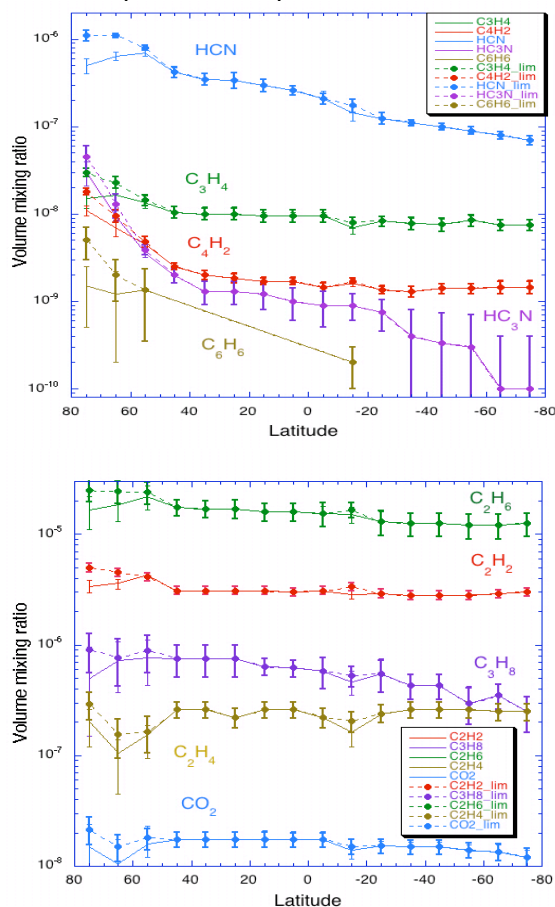


Fig. 4 : Variations méridionales des abondances sur Titan selon la structure thermique adoptée.

Sur cette dernière, nous combinons les données CIRS et HASI pour tenter de mieux définir le profil thermique (Coustenis et al., 2005). Les spectres nadir ont déjà été analysés et ont livré une foule d'informations sur la structure thermique et chimique de Titan (Teanby et al., et Coustenis et al., 2006; Vinatier et al., 2006).

Les abondances trouvées avec CIRS montrent des variations méridionales avec un enrichissement des espèces au pôle nord, moins prononcé qu'au moment de Voyager en 1980 (Flasar et al., 2005 ; Coustenis et al., 2006). Les modèles saisonniers et dynamiques pourront ainsi être contraints.

2.b) La basse atmosphère et la surface de Titan par Cassini/ DISR et VIMS (IR proche)

Le 14 janvier 2005, tout au long de la descente de la sonde Huygens et après l'atterrissage, l'instrument DISR a enregistré images et spectres de l'atmosphère et de la surface de Titan (Tomasko et al. 2005). Nous avons travaillé à cette analyse des données des spectromètres infrarouges, qui a fourni une estimation de la fraction molaire du méthane près de la surface (environ 5%), l'épaisseur optique des aérosols de 0.85 à 1.7 micron (décroissant de 2 à 0,5), et des contraintes sur leur distribution verticale (Tomasko et al., 2005). L'analyse doit maintenant se poursuivre vers une détermination précise du profil vertical de concentration des aérosols et du méthane gazeux.

Citations:

1. Coustenis et al. (2003) *Icarus* 161, 383.
2. Coustenis et al. (2005) EGU General Assembly, Vienne, Autriche.
3. Coustenis et al. (2006) *Icarus*, sous presse.
4. Flasar et al. (2005) *Science* 308, 975.
5. Fulchignoni et al. (2005). *Nature* 438, 785.
6. Marten, A., et al. (2002) *Icarus*, 158, 532-544.
7. Marten, A. & Moreno, R. (2003) 35th Annual DPS Meeting, Monterey, Ca, *BAAS*, 35, 952.
8. Moreno, R. & Marten, A. (2003) 35th Annual DPS Meeting, Monterey, Ca, *BAAS*, 35, 928.
9. Teanby et al. (2006) *Icarus* 181, 243.
10. Tomasko et al (2005) *Nature* 438, 765.
11. Vinatier et al. (2006) En préparation.