

▶ Les isotopes révèlent l'origine des atmosphères

Source

IR band intensities of DC3N and HC3 15N : Implication for observations of Titan's atmosphere, Y. Bénilan, A. Jolly, F. Raulin, J.-C. Guillemin, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques et Laboratoire de Synthèse et Activation de Biomolécules, Planetary and Space Science 54 (2006) 635-640, 23 mars 2006.

Notes

Isotopes :

L'ensemble de la matière de l'univers, vivante ou inerte, est constituée de 113 éléments chimiques naturels (atomes) comprenant deux parties : un noyau et des électrons en mouvement rapide autour de lui. Le noyau est constitué de protons et de neutrons. Les atomes d'un même élément ayant le même nombre de protons mais un nombre différents de neutrons sont appelés des isotopes dotés de propriétés physico-chimiques quasi identiques.

Certains isotopes sont naturels (carbone, oxygène, azote, chlore), alors que d'autres sont artificiels et sont produits dans des accélérateurs de particules (cobalt, iode, phosphore). Parmi ces isotopes naturels ou artificiels, certains sont stables. D'autres sont instables, ils se désintègrent en émettant des rayonnements (isotopes radioactifs).

L'étude de Titan, une des lunes de Saturne, est l'un des objectifs principaux de la mission spatiale Cassini-Huygens, mission conjointe de la NASA et de l'ESA. Les instruments de la sonde Cassini, orbitant autour de Saturne, étudient la composition de l'atmosphère titanienne. Parmi eux, l'instrument CIRS (Composite InfraRed Spectrometer), [un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier](#) mesure les émissions infrarouges de l'atmosphère, des anneaux, de la surface de Saturne ainsi que celles de ses satellites en utilisant des longueurs d'onde comprises entre 7 à 1000 microns. Grâce à la cartographie en trois dimensions de la composition chimique de l'atmosphère de Titan, ce spectromètre apportera des éléments de réponse quant à l'origine et l'évolution de cette lune.

Tous les corps de notre système solaire se sont formés il y a environ 4,5 milliards d'années suite à l'effondrement sur lui-même d'une partie d'un nuage moléculaire issu de la nébuleuse primitive. De ce même matériau, probablement uniformément mélangé à l'origine, sont nés des objets aussi différents que le Soleil, les planètes telluriques, les planètes géantes ainsi que leurs satellites, et les petits corps (astéroïdes et comètes). Titan, le plus gros satellite de Saturne, est le seul corps du système solaire avec la Terre, à posséder une atmosphère dense majoritairement composée d'azote moléculaire. Comprenant également une fraction notable de méthane, cette atmosphère est extrêmement propice aux synthèses organiques, responsables de l'épaisse couche d'aérosols organiques qui masque la surface du satellite.

L'atmosphère des corps célestes quand elle existe, est le résultat de leur histoire géologique et géochimique. Sa composition notamment en gaz rares ainsi que les rapports isotopiques entre les différents éléments présents en sont les témoins actuels. Dans le cas de Titan, la faible abondance en gaz rares comparée à l'azote plaide pour une contribution importante du dégazage du noyau initialement formé à partir des planétésimaux. Néanmoins, l'apport de composés volatils par l'impact de comètes ne peut être exclu. Quoi qu'il en soit, les dernières mesures effectuées sur l'azote moléculaire, ont montré une différence d'un facteur 1,5 dans le rapport entre les isotopes 14 et 15 de l'azote ($^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$) comparé à celui de la Terre. Ceci correspondrait à une dissipation, dans l'espace, de l'atmosphère de Titan au cours du temps. L'isotope 14 plus léger, serait emporté par les rayonnements cosmiques un peu plus rapidement que l'isotope 15. Ce phénomène s'appelle un fractionnement isotopique, dans le cas présent il est à un phénomène physique.

► Cyanoacétylène : du laboratoire à Titan

Notes

Isotopomères :

Les molécules sont un assemblage de plusieurs atomes. Un isotopomère est une molécule dans laquelle un des atomes a été substitué par un de ses isotopes les moins fréquents.

Transformée de Fourier :

Transformation mathématique utilisée pour décomposer un signal complexe non nécessairement périodique en une somme de signaux périodiques simples de fréquences connues. Autrement dit, cette transformée détermine le spectre d'un signal.

Spectrométrie :

Méthode utilisée pour identifier les molécules organiques et inorganiques à partir de leurs propriétés d'absorption des rayonnements lumineux. La spectrométrie infrarouge est la mesure de la longueur d'ondes et de l'intensité de la lumière infrarouge pour un échantillon donné dans une certaine gamme de longueurs d'ondes. Les raies d'absorption infrarouge sont caractéristiques de chaque molécule, voilà pourquoi il est possible d'identifier certaines molécules présentes dans un échantillon donné.

Après plusieurs millions d'années, la différence devient mesurable. Ce premier résultat laisse penser que l'atmosphère aurait été, au début, 2 à 10 fois plus importante qu'elle ne l'est actuellement.

Le rapport $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$, est cependant différent dans certains composants chimiques minoritaires de l'atmosphère de Titan comme l'acide cyanhydrique. La proportion d'azote 14 y est encore plus faible. Cette différence correspondrait à un fractionnement chimique surajouté qui pourrait traduire l'existence d'un cycle des produits carbonés et azotés.

Pour compléter ce données, les auteurs ont mesuré le rapport $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ pour un des composés chimiques les plus complexes observé sur Titan : HC_3N . Ce dernier est intéressant car il est prédit par les modèles photochimiques de l'atmosphère de Titan. Il serait un des principaux intermédiaires entre la phase gazeuse et les brumes orangées masquant la surface. Ce composé intéresse aussi les exobiologistes car, en solution dans l'eau, c'est un précurseur de la synthèse des bases des acides nucléiques. Les isotopomères purs de ce composé que sont HC_3^{15}N et DC_3N sont délicats à synthétiser. Les ingrédients de base enrichis en deutérium ou en azote 15 sont particulièrement difficiles à se procurer. Les produits finaux sont instables à température ambiante. Les synthèses sont effectuées sous vide et à basse température.

Les spectres d'absorption de chacun de ces isotopomères ont été obtenus pour des longueurs d'onde comprises entre 2,2 à 25 μm . Les bandes d'absorption observées correspondent aux différents modes de vibration des atomes au sein de la molécule. Les caractéristiques de la plupart des bandes d'absorption sont indépendantes de la température d'observation excepté pour les «bandes chaudes ». Cette particularité est utile pour interpréter les données spectrales obtenues à partir de gaz mesurés à une température aussi basse que celle de Titan. Les scientifiques ont pu déterminer au laboratoire, pour chaque bande, les coefficients d'absorption des isotopomères. Ils ont complété ces données par des mesures en faisant varier la pression, la température et les concentrations.

Bien que l'existence de bandes chaudes, risque de rendre plus complexe l'interprétation des observations de CIRS, ces résultats rendent possible la recherche des différents isotopomères dans l'atmosphère de Titan et de mieux comprendre les réactions chimiques qui s'y produisent.

► Le spectre peut en dire beaucoup ...

Contact chercheur

Yves BENILAN

Laboratoire Interuniversitaire
des Systèmes
Atmosphériques, Universités
Paris XII-Val de Marne et
Paris VII,
94 010 CRETEIL
[benilan@lisa.univ-
paris12.fr](mailto:benilan@lisa.univ-paris12.fr)

+ sur

Cassini/Huygens

[Site Internet de l'ESA](#)

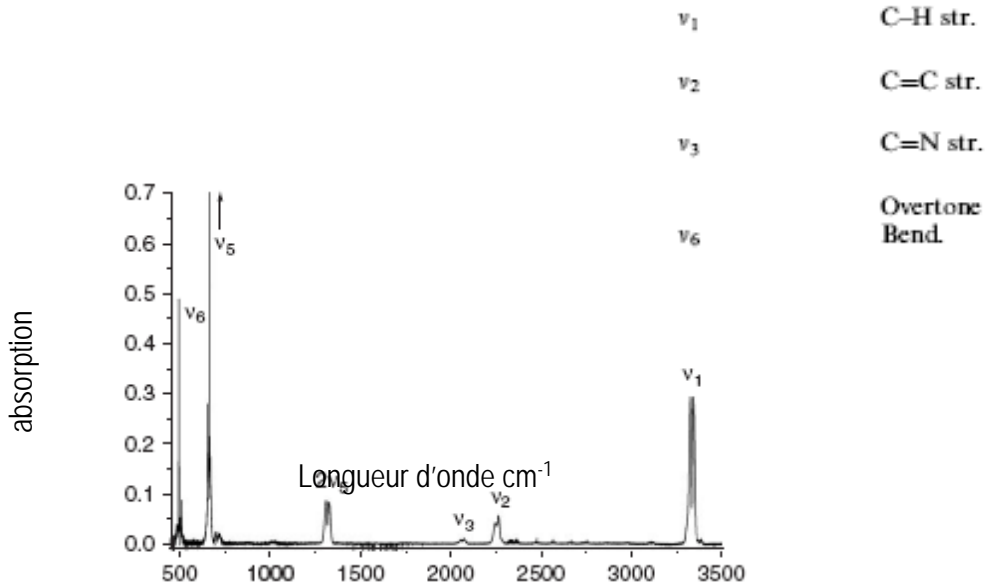
[Site Internet de la NASA](#)

[Site Internet du LISA](#)

+ sur le CNES

[Site Internet du CNES](#)

[Site Internet missions
scientifiques](#)



Exemple de spectre de Cyanoacétylène

Les bandes d'absorption correspondent aux différents modes de vibration des atomes à l'intérieur de la molécule. La longueur d'onde absorbée dépend de la nature de la liaison (carbone-carbone double, carbone-azote double et carbone-hydrogène). La valeur de la longueur d'onde d'absorption est différente pour ν_3 selon l'isotope de l'azote ou pour ν_1 selon l'isotope de l'hydrogène (hydrogène ou deutérium).

E-Space&Science vous informe des résultats des expériences scientifiques soutenues par le CNES

Directeur de la publication: **Yannick d'Escatha** ■ Directeur de la rédaction: **Pierre Tréfour** ■ Rédacteur en chef: **Michel Viso** ■ Secrétaire de rédaction: **Myriana Lozach** ■ Diffusion du magazine: **INIST diffusion** ■

Abonnement

Vous voulez vous abonner à la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Abonnement version Française](#)

Vous voulez vous abonner à la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à :

[Abonnement version Anglaise](#)

Désabonnement

Vous voulez vous désabonner de la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Désabonnement version Française](#)

Vous voulez vous désabonner de la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à :

[Désabonnement version Anglaise](#)