

LES SCIENCES
DE L'UNIVERS

SCIENCES DE L'UNIVERS... À ELLE SEULE L'EXPRESSION ÉVOQUE UN CHAMP D'INVESTIGATION INFINI QUI S'ÉTEND DE LA PLANÈTE TERRE JUSQU'AUX ÉTOILES LES PLUS LOINTAINES. LES SCIENTIFIQUES Y FONT DES OBSERVATIONS, ÉLABORENT DES THÉORIES, LES CONFRONTENT, LES FONT ÉVOLUER... DEPUIS UNE QUINZAINE D'ANNÉES, LEURS RECHERCHES BÉNÉFICIENT D'UN REMARQUABLE OUTIL : LE RAYONNEMENT SYNCHROTRON. LES ÉTUDES DE GÉOPHYSIQUE, D'ASTROPHYSIQUE OU D'ASTROBIOLOGIE QUI UTILISENT CETTE LUMIÈRE S'INSCRIVENT DANS LES GRANDES INTERROGATIONS DE LA CONNAISSANCE : D'OÙ VIENT LA VIE ? QU'Y A-T-IL À L'INTÉRIEUR DE LA TERRE ?



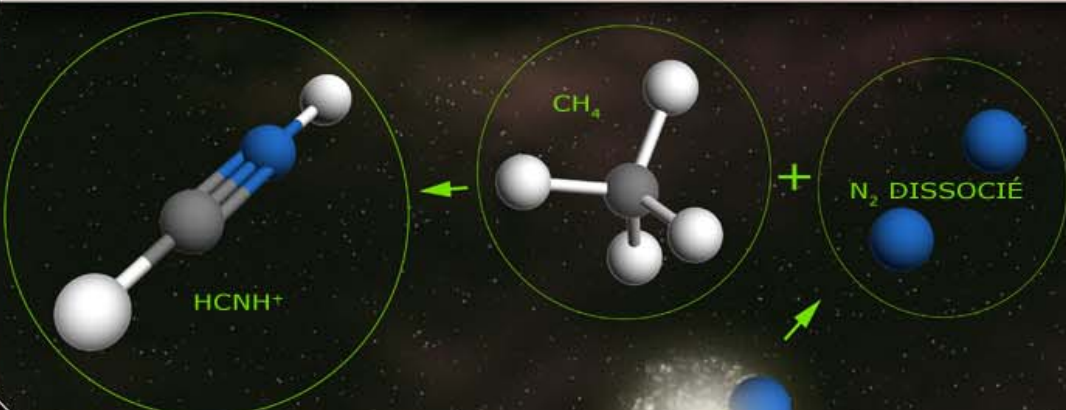
TITAN, UN BON CANDIDAT POUR LA RECHERCHE DES ORIGINES DE LA VIE ?

LA MISSION CASSINI-HUYGENS

Cassini-Huygens est la première mission spatiale consacrée à l'exploration de Saturne et de son plus gros satellite, Titan. Le vaisseau s'est mis en orbite autour de Saturne le 1^{er} juillet 2004 après un périple de 7 ans et 3,5 milliards de km. Le 14 janvier 2005, la sonde Huygens a plongé dans l'atmosphère de Titan et s'est posée à sa surface. L'un des objectifs de la mission est d'améliorer nos connaissances sur les mécanismes chimiques qui peuvent aboutir à l'apparition de la vie.

EN LABORATOIRE

Par son caractère continu et accordable, le rayonnement synchrotron simule l'activité ionisante du Soleil. L'expérimentateur soumet aux ultraviolets du rayonnement synchrotron un mélange d'azote N_2 et de méthane CH_4 , les deux principaux composants de l'atmosphère de Titan. En sélectionnant une énergie précise, il « décortique » en réactions élémentaires la chimie complexe qui s'y déroule et observe le mode de formation des espèces produites. Un résultat intéressant : dans un certain état excité de l'azote, après sa dissociation par les ultraviolets, il se forme une importante quantité de $HCNH^+$. Or cet ion serait à l'origine de la formation d'acides aminés...



L'HOMOCHIRALITÉ DE LA VIE

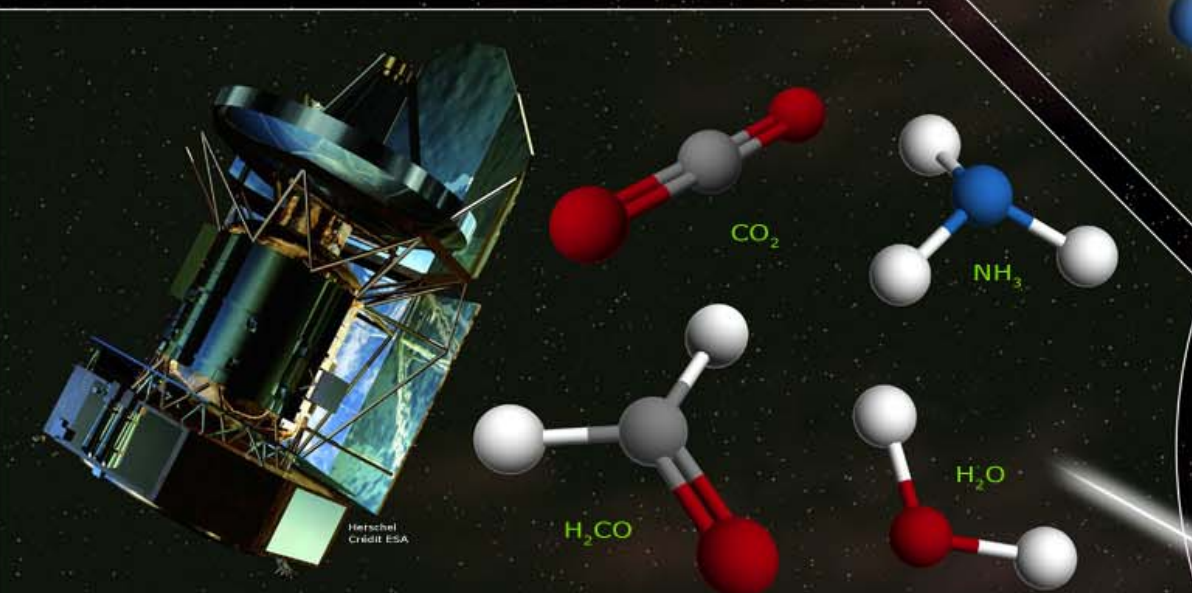
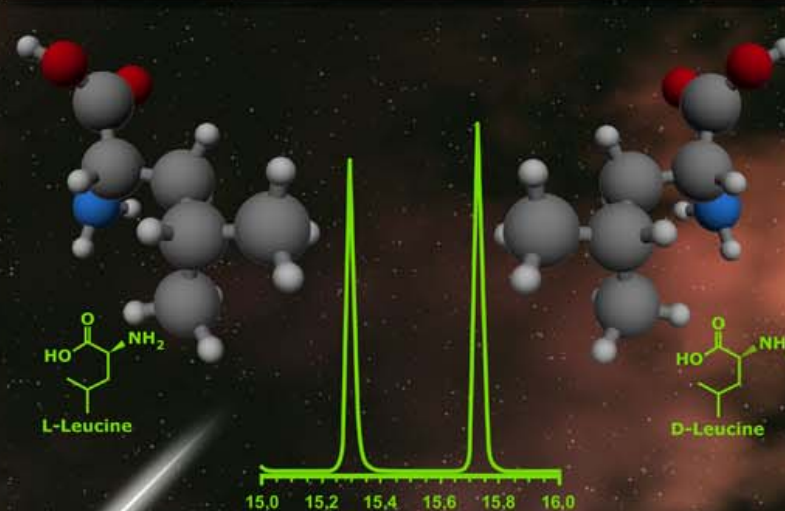
CHIRALITÉ ET POLARISATION : DEUX EXPRESSIONS DIFFÉRENTES DE L'ASYMÉTRIE

La grande majorité des molécules biologiques existent sous deux variétés, inverses optiques l'une de l'autre : on dit qu'elles sont chirales. Quand les chimistes les synthétisent en laboratoire, ils obtiennent généralement autant de formes droites que de formes gauches. Et pourtant, dans les êtres vivants, certaines molécules fondamentales sont présentes sous une seule forme. Ainsi les acides aminés, constituants des protéines, sont tous de forme gauche, alors que les sucres de l'ADN sont de forme droite. Il en est de même des hormones, des enzymes et de tout le matériel chimique avec lequel fonctionne et se reproduit le vivant. On parle d'homochiralité de la vie. Mais d'où vient-elle ? A-t-elle été amorcée dans l'espace interstellaire par une lumière elle-même asymétrique, c'est-à-dire polarisée ?

EN LABORATOIRE

Parce que son état de polarisation est ajustable, le rayonnement synchrotron permet d'étudier la symétrie moléculaire.

Un échantillon de leucine (un acide aminé très présent dans l'organisme humain) est irradié en laboratoire avec un rayonnement synchrotron polarisé circulairement gauche et droit. Au départ, l'échantillon comporte autant de formes droites D que de formes gauches L. Après 20 heures d'irradiation, on constate un excès de 2,6 % de forme droite. Ce résultat suggère que l'homochiralité des acides aminés est apparue dans l'espace interstellaire. Ultérieurement, ces acides aminés asymétriques ont pu être transportés sur Terre, via des météorites par exemple, où ils auraient déclenché l'apparition de la vie...



LE MILIEU INTERSTELLAIRE : UN VIDE... EMPLI DE MOLÉCULES ORGANIQUES

LA MISSION HERSCHEL

Le satellite Herschel, dont le lancement est prévu en 2008, fera un inventaire des molécules du milieu interstellaire en enregistrant leur spectre dans le domaine infrarouge (on en connaît déjà plus d'une centaine, parmi lesquelles des molécules prébiotiques). Mais l'identification des molécules ne sera pas immédiate car les spectres obtenus dépendent des conditions de température et de pression qui règnent dans l'espace. Il faut donc préparer la mission en constituant une bibliothèque spectrale de référence.

EN LABORATOIRE

Brillant, stable et très peu divergent, le rayonnement synchrotron permet d'enregistrer le spectre infrarouge de molécules très diluées. L'expérimentateur synthétise en laboratoire les molécules susceptibles d'être présentes dans le milieu interstellaire et enregistre leurs spectres infrarouges, en faisant varier la température et la pression en condition « spatiale ». Pour repérer les raies d'absorption de molécules très diluées, le faisceau infrarouge doit faire de multiples allers et retours dans la cellule d'analyse. C'est le rayonnement synchrotron qui permet de réaliser ces longs chemins optiques sans trop diverger.

SOLEIL, SOURCE ÉTALON

SOLEIL peut fonctionner comme source étalon dans la gamme UV et X et devenir ainsi la référence nationale pour ces rayonnements photoniques.



LES PROFONDEURS DE LA TERRE : DES CONDITIONS EXTRÊMES

À L'INTÉRIEUR DE LA TERRE

Pour étudier la structure interne de la Terre, les géophysiciens combinent deux méthodes d'investigation « indirecte » : l'étude des météorites et celle des ondes sismiques. La première leur fournit des informations sur la composition chimique des couches, la seconde sur la densité des matériaux et les discontinuités entre couches. Ils relient entre elles toutes ces données et établissent des modèles qu'ils valident ensuite au moyen d'expériences.

EN LABORATOIRE

Parce qu'il est très focalisé, le rayonnement synchrotron permet de déterminer la structure cristallographique de très petits échantillons de matériaux (quelques dizaines de microns). Un micro-échantillon de pérovskite $MgSiO_3$ est soumis aux conditions extrêmes qui règnent dans le manteau inférieur de la Terre (ex. 140 GPa, 2500 K). Il est comprimé entre deux « enclumes » de diamant et chauffé par laser infrarouge. Le rayonnement synchrotron offre un faisceau intense et focalisé de photons X, qui diffracte sur l'échantillon. La figure de diffraction obtenue permet aux géophysiciens d'étudier les propriétés du composé $MgSiO_3$ (densité, élasticité) pour chaque couple de pression et de température.