

LA SCIENCE-FICTION NE FAIT QU'IMAGINER

LA SCIENCE IMAGINE ET DÉMONTRE

Comment détecter des sites habitables ? Longtemps, cette recherche était limitée par les performances des télescopes disponibles. Les télescopes installés au sol ont évolué, et leurs performances ont été démultipliées. Cependant, dès le début de l'ère spatiale, aller voir sur place est devenu tentant. Les sondes spatiales ont commencé à explorer les corps du Système solaire dès les années 1960. À la fin de la décennie, toutes les planètes du Système solaire auront été survolées. Certaines, comme Mars et Vénus, ont été explorées plusieurs fois par des sondes ou des véhicules télécommandés.

Avec l'amélioration des télescopes et des capacités de calcul, en 1995, Michel Mayor et Didier Queloz ont détecté la première exoplanète. Bien sûr, il n'est pas question d'aller les explorer sur place ! Les télescopes spatiaux élargissent les possibilités pour les observations, au point d'envisager la détection de traces trahissant la présence éventuelle d'une activité métabolique sur certaines d'entre elles. Fédérant plusieurs domaines scientifiques, les exobiologistes établiront une fiche d'identité de plus en plus élaborée des exoplanètes détectées.

Étudier les corps du Système solaire, ou une étoile hors du Système solaire, fait appel à de nombreuses connaissances. Celles des lois physiques sont cruciales, en particulier, celles liées à la gravitation, aux forces d'attraction, la physique nucléaire, l'étude des rayonnements... L'exobiologie fait aussi appel à la chimie pour cerner la formation des molécules et leurs interactions dans différents environnements. La géologie et sa cousine la planétopologie racontent la formation et l'évolution des corps célestes (le décor). La géochimie explique les transformations de la matière (les personnages) dans ces environnements. Sous-jacentes, les mathématiques sont bien sûr omniprésentes.

Chercher la vie ou comprendre l'origine sur Terre exige une démarche scientifique rigoureuse, qui repose sur trois piliers : l'observation, l'expérimentation et la modélisation.

Où chercher ?

Les étoiles et leurs planètes naissent quasi simultanément à partir de l'effondrement d'une nébuleuse de gaz et de poussières. La première phase de leur évolution reste encore incertaine. L'effondrement peut conduire à des étoiles doubles ou à des systèmes planétaires. Dans ce cas, les planètes restent indéfiniment sous l'influence de leur étoile, et leur évolution reste étroitement liée à la sienne... Quelques critères caractérisent la Terre comme une planète habitée. Ces critères peuvent-ils se retrouver ailleurs ? Peut-on déterminer, autour des étoiles, des « zones habitables » ? La vie sur Terre dépend en particulier de conditions souvent liées à la présence d'eau. Par exemple, l'existence de plaques tectoniques entretient une activité volcanique qui vaporise l'eau contenue dans le magma dans l'atmosphère terrestre, compensant ainsi la destruction permanente des molécules d'eau dans la haute atmosphère. Le gaz carbonique, dégagé lui aussi par les volcans, entretient l'effet de serre, qui maintient une température moyenne sur terre de 14,8 °, et contribue ainsi au maintien de l'eau dans ses trois états (liquide, solide et gazeux) à la surface de notre planète.

Cependant, l'atmosphère ne doit pas trop s'enrichir en gaz à effet de serre, au risque que la Terre ne devienne « invivable ». C'est la situation actuelle de la planète Vénus, dont l'atmosphère est beaucoup plus dense et épaisse que celle de la Terre. La composition et la densité atmosphériques provoquent un effet de serre qui rend Vénus totalement inhabitable (465 °C en surface).

D'autres caractéristiques sont déterminantes : la rotation de la Terre sur son axe entraîne le noyau terrestre, composé de fer et de nickel. Cela génère un effet dynamo qui crée un champ magnétique (la magnétosphère). C'est lui qui protège la surface de la Terre de certains rayonnements cosmiques et des ions du vent solaire.

WHERE TO LOOK?
Stars and their planets are born almost simultaneously from the collapse of a nebula of gas and dust. The first phase of their evolution is still poorly understood. The collapse of a nebula may produce binary stars or planetary systems. In the latter case, the planets remain indefinitely locked to their star and their evolution is therefore closely tied to that of their parent.

A number of features characterize Earth as an inhabited planet. Could such features exist elsewhere? Can we determine habitable zones around stars? Life on Earth is dependent in particular on conditions related to the presence of water. For example, processes driven by plate tectonics maintain volcanic activity that vaporizes water from Earth's magma into its atmosphere, thereby compensating for the continuous destruction of water molecules in the upper atmosphere. Carbon gases also emitted by volcanoes sustain the greenhouse effect that keeps Earth's average temperature at 14,8°, thus helping to maintain water in a liquid, solid and gaseous state on the surface of our planet. However, high concentrations of greenhouse gases in the atmosphere would make living on Earth impossible. This is currently the case on Venus, where the atmosphere is much denser and thicker than Earth's. Its composition and density create a greenhouse effect that makes Venus totally uninhabitable (465°C at the surface).

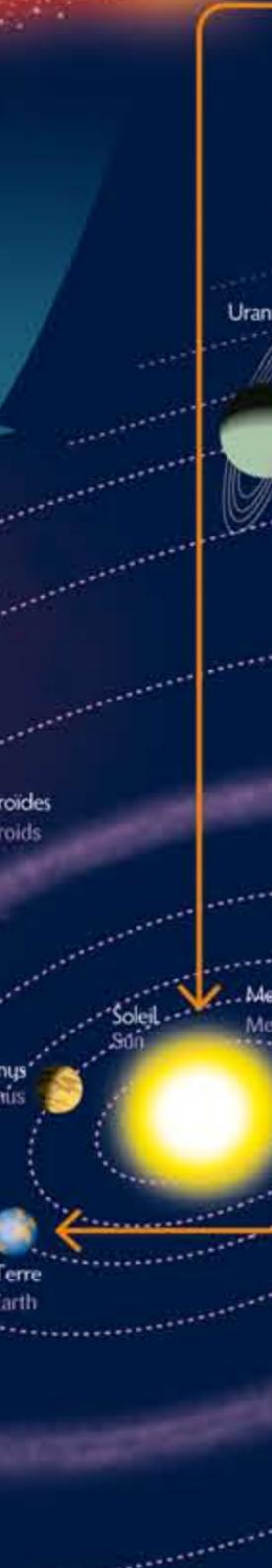
Another feature of Earth vital to sustaining life is the rotation about its axis that combines with the planet's iron and nickel core to produce a dynamo effect that generates a magnetic field (the magnetosphere). This is what protects Earth's surface from certain types of cosmic radiation and from ions in the solar wind.

Science-fiction can only imagine Science imagines and proves

The search for habitable sites was long limited by telescope capabilities, but they have since evolved and performance has improved tenfold. However, the temptation to explore *in situ* has been there since the start of the space era. Spacecraft began probing the bodies in the Solar System in the 1960s. By the end of that decade, flybys of every planet had been accomplished. Some, like Mars and Venus, were explored several times by probes or remotely controlled vehicles.

Taking advantage of better telescopes and processing capabilities, Michel Mayor and Didier Queloz detected the first exoplanet in 1995. Naturally, we cannot hope to explore such planets *in situ*, but space telescopes are giving us more power to observe and even possibly detect traces of metabolic activity on some of them. Drawing on various domains of science, exobiologists will thus be able to establish increasingly precise profiles of the exoplanets they find.

The study of bodies in the Solar System or stars outside it calls on a range of competencies. In particular, it requires a solid grounding in the laws of physics, gravitation and attraction, nuclear physics and radiation. Exobiology also requires a good knowledge of chemistry to understand how molecules form and interact in different environments. Geology and its close cousin planetology tell us how celestial bodies form and evolve (the stage), while geochemistry explains the transformations of matter (the players) in such environments. And of course, mathematics is a constant underlying all of these disciplines. Searching for life and attempting to understand how it emerged on Earth demands a rigorous scientific approach founded on three pillars: observation, experimentation and modeling.



Sigma
Centre of the galaxy

Le télescope spatial Sigma a été envoyé dans l'espace en 1989 et y est resté jusqu'en 1997. Construit sous l'éigie du CNES en collaboration avec le Centre national de la recherche scientifique et le Commissariat à l'énergie atomique, cet instrument scientifique cherchait à identifier et à localiser les sources de rayons gamma situées au centre de notre Galaxie afin d'y détecter d'éventuels « trous noirs ». Initialement prévue pour deux mois, la mission a duré huit ans.

The Sigma space telescope was launched in 1989 and continued operating until 1997. Built under CNES supervision in partnership with CNRS, the French national scientific research centre, and CEA, the French atomic energy agency, this science instrument sought to identify and locate gamma-ray sources at the centre of our galaxy in the hope of detecting black holes. Initially planned for 2 months, the mission lasted eight years.

Les missions

Missions



Soho
Soleil

Soho est un satellite de l'Esa lancé en 1995 par la Nasa, dont les instruments ont été conçus et réalisés par des scientifiques européens et américains. Dédié à l'étude des relations Soleil-Terre, Soho observe le Soleil vingt-quatre heures sur vingt-quatre. Les instruments alimentent en données plusieurs thématiques : l'héliosismologie, le rayonnement électromagnétique, les plasmas, le vent solaire... Soho a effectué la première mesure *in situ* du champ magnétique galactique local. Au-delà de sa mission première, il a découvert aussi régulièrement des comètes. Fin 2010, le satellite avait déjà repéré 2 000 comètes !

SOHO is an ESA satellite launched by NASA in 1995 with a suite of instruments designed and built by European and U.S. scientists. Dedicated to studying Sun-Earth relations, SOHO observes the Sun round the clock. Its instruments gather data on heliosismology, electromagnetic radiation, plasmas and the solar wind. SOHO made the first *in situ* measurement of the local galactic magnetic field. Beyond its prime mission, SOHO also regularly finds comets—by the end of 2010, it had already spotted 2,000 of them!

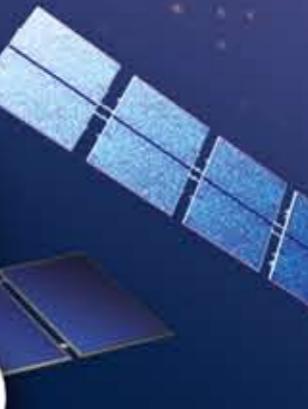


**Terre/Lune,
un duo inséparable**

La Terre et son satellite naturel, la Lune, sont liés par leur attraction mutuelle et constituent un véritable « système ». La présence de la Lune stabilise (comme un effet gyroscopique) l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan que décrit son orbite autour du Soleil. Cette inclinaison, de 23,5°, varie très peu au cours des temps géologiques. Pour certains scientifiques, sans la présence de la Lune, cette inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'écliptique pourrait osciller, sur une période de quelques dizaines de milliers d'années, de plusieurs dizaines de degrés. Cette instabilité aurait eu, bien sûr, d'importantes conséquences sur l'émergence de la vie, son évolution et sa distribution à la surface de la Terre.

EARTH AND MOON, AN INSEPARABLE DOUBLE ACT

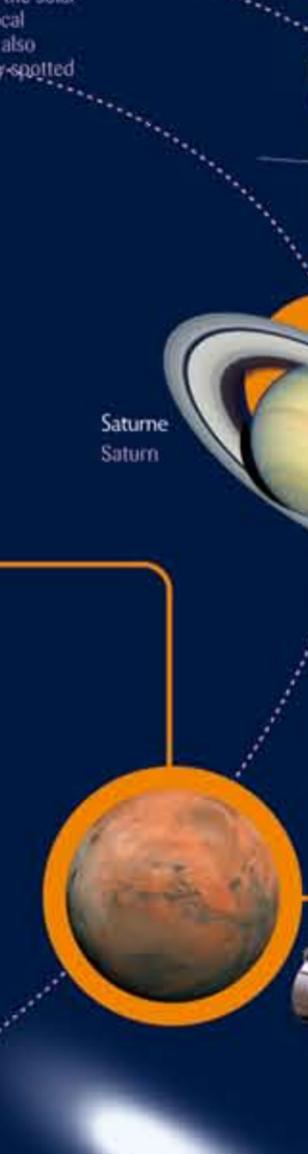
Earth and its natural satellite, the Moon, form a system tied together by mutual attraction. The Moon acts like a gyroscope to stabilize the inclination of Earth's rotational axis with respect to the plane of its orbit about the Sun. This inclination of 23,5° varies very little on a geological timescale. Some scientists believe that if there were no Moon, the inclination of Earth's rotational axis to the ecliptic plane could oscillate by several tens of degrees over tens of thousands of years. Had this been the case, it would obviously have significantly impacted the appearance, evolution and distribution of life on Earth.



Corot

Lancé en 2006, le satellite Corot est doté d'un télescope sensible à très faibles variations de la lumière des étoiles. Ces performances sont utilisées pour la seismologie stellaire. La mesure des variations de la lumière de l'étoile sonde les phénomènes physiques se produisant à l'intérieur. Grâce à la « méthode du transit », Corot est le premier satellite chercheur d'exoplanètes. En mesurant pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois, les variations de lumière émises par près de 140 000 étoiles, il a mis en évidence des signaux s'apparentant à des transits planétaires autour de 500 étoiles. 25 exoplanètes ont été confirmées. Parmi elles, certaines présentent des caractéristiques très différentes de celles de notre Système solaire, dont les « Jupiter chauds », planètes gazeuses très proches de leur étoile. La mission tente aussi de détecter des planètes plus petites, mais plus éloignées de leur étoile, comme la planète Corot-7b, première exoplanète de type « tellurique », détectée en 2009.

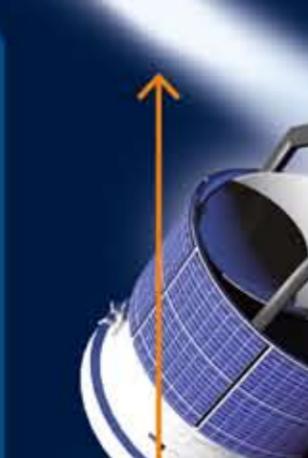
Launched in 2006, the CoRoT spacecraft has a telescope sensitive to very slight variations in star brightness. The telescope is used for stellar seismology, measuring changes in brightness to probe the physical phenomena going on inside stars. CoRoT is also the first spacecraft to use the transit method to hunt for exoplanets. By measuring variations in brightness of some 140,000 stars for several weeks and in some cases months, it has revealed signals that appear to indicate planetary transits around 500 stars. Of the 25 confirmed discoveries of exoplanets CoRoT has made, some are very different to those in our Solar System, including "hot Jupiter" gas giants very close to their star. The mission is also attempting to detect smaller planets further from their star, like CoRoT-7b, the first Earth-like exoplanet detected in 2009.



Huygens

La mission Cassini-Huygens est une coopération internationale entre les agences spatiales américaine, européenne et italienne. C'est la première mission spatiale consacrée à l'exploration du système de Saturne. En 2005, le module Huygens s'est séparé de la sonde Cassini pour descendre dans l'atmosphère de Titan. Huygens a bien fonctionné et a transmis de nombreuses informations à la Terre par le relais de l'orbiteur. Lancée en 1997, cette mission devait durer quatre ans et effectuer 70 orbites autour de Saturne. Plusieurs fois prolongée, elle est étendue jusqu'en mai 2017. Elle a découvert de nouveaux satellites de Saturne, l'activité géologique d'Encelade et d'immenses lacs de méthane et d'éthane aux pôles de Titan.

Cassini-Huygens is a joint international mission being conducted by the U.S., European and Italian space agencies. It is the first space mission devoted to exploring the Saturn system. In 2005, the Huygens lander separated from the Cassini orbiter and descended through Titan's atmosphere to the surface. Huygens worked well and was able to send back a wealth of data to Earth via the orbiter. Launched in 1997, the mission was initially scheduled to last four years and orbit Saturn 70 times. It has been extended several times, most recently to May 2017. Cassini has discovered new moons of Saturn, geological activity on Enceladus and vast lakes of methane and ethane at Titan's poles.



ExoMars

ExoMars est la première partie d'un programme de l'Esa dédié à l'exploration automatique, et plus tard habilitée, de la planète Mars. Cette mission poursuit des objectifs technologiques et scientifiques. Pour cela, un véhicule sera équipé d'instruments d'analyse pour rechercher des traces de vie passée ou présente sur Mars, détecter l'existence éventuelle d'eau dans des poches souterraines, étudier la surface et l'environnement. Sera également étudiée la structure des couches profondes du sol, afin de mieux comprendre l'évolution et l'habitabilité de la planète. Enfin, les instruments identifieront aussi les dangers potentiels pour des missions habitées futures. Le programme ExoMars, maintenant mené en coopération avec les Américains, comprend un satellite, dont le lancement est prévu en 2016. Il sera placé en orbite martienne et servira de relais pour les données qui seront recueillies à la surface de la planète par le véhicule qui devrait être lancé, lui, en 2018.

ExoMars is the first part of an ESA programme dedicated to robotic—and later human—exploration of Mars. To pursue its technological and scientific objectives, this mission will send a rover equipped with instruments to look for traces of past or present life on Mars, detect any subsurface water and study the surface and environment of the red planet. It will also study the structure of the deeper layers of Mars' subsols to gain new insight into its evolution and possible habitability. Lastly, the instruments will identify potential dangers for future human missions. Now being conducted in partnership with the United States, ExoMars will build a satellite in 2016 into Mars orbit to serve as a relay for a rover scheduled to land on the surface of the planet by 2018.

Comète de Halley
Halley's Comet

The Giotto space probe was launched in 1985 to observe close up Halley's Comet, which returns to the inner region of the Solar System every 76 years. This mission was led by ESA. In total, four probes have been launched toward this comet: Vega 1 and Vega 2 by the Soviet Union, and Sakigake and Suisei by Japan. Giotto passed very close to the comet's core. Giotto analysis has revealed that it formed 4.5 billion years ago and is made up of condensed, light compounds (diethyl water) mixed with interplanetary dust. The comet is 80% water and 10% carbon monoxide, with small quantities of a mixture of methane and ammonia. Traces of hydrocarbons, iron and sodium have also been found.