

Promenade spatiale au fil des ondes

L'essentiel du spectre électromagnétique est invisible pour les yeux

Produit de milliards d'années d'évolution, l'œil humain est un formidable récepteur. Il est spécifiquement adapté à des ondes électromagnétiques omniprésentes sur notre planète. Ce sont elles qui composent ce que nous appelons couramment : la lumière et les couleurs. Mais il existe d'autres ondes électromagnétiques, totalement invisibles pour nous. Ce sont les ondes radio, les micro-ondes, l'infrarouge, l'ultraviolet, les rayons X ou encore les rayons gamma. Autrement dit, les ondes qui composent la lumière constituent la partie émergée d'un iceberg bien plus important : le spectre électromagnétique.

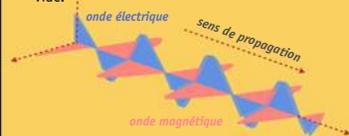


CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

Qu'est ce qu'une onde électromagnétique ?

Electricité et magnétisme sont étroitement associés. Un courant électrique génère un champ magnétique. Inversement un champ magnétique variable crée un champ électrique.

Une onde électromagnétique est composée d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui se propagent simultanément dans l'espace. Ces ondes n'ont pas besoin de matière pour se déplacer. Leur vitesse dépend du milieu de propagation. Elle atteint sa valeur maximale (300 000 km/s) dans le vide.



Une onde électromagnétique se caractérise par son amplitude, sa longueur d'onde ou sa fréquence.

L'amplitude correspond à la variation maximale du champ électrique ou magnétique.

La longueur d'onde est la distance qui sépare deux maxima successifs.

La fréquence est le nombre d'oscillations par seconde : elle se mesure en hertz.



Onde et corpuscule

Au début du XX^e siècle, les physiciens découvrent que les ondes électromagnétiques peuvent aussi être décrites sous forme de corpuscules appelés photons. Ces particules élémentaires de masse et de charge nulles transportent d'autant plus d'énergie que la fréquence de l'onde à laquelle elles sont associées est élevée.

Le spectre électromagnétique

On classe les ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde. Le spectre électromagnétique s'étend des ondes radio dont la longueur d'onde peut atteindre plusieurs centaines de kilomètres, jusqu'aux rayons gamma qui ont une longueur d'onde inférieure au millième de milliardième de mètre. Entre ces deux extrêmes, on trouve les micro-ondes, l'infrarouge, le visible, l'ultraviolet et les rayons X. Dans le domaine visible, chaque couleur correspond à une longueur d'onde bien précise.



L'électromagnétisme en quelques dates

1820 H.C. Oersted constate la relation entre courant électrique et magnétisme. A.M. Ampère et F. Arago construisent le premier électroaimant.

1831 M. Faraday découvre le principe de l'induction électromagnétique.

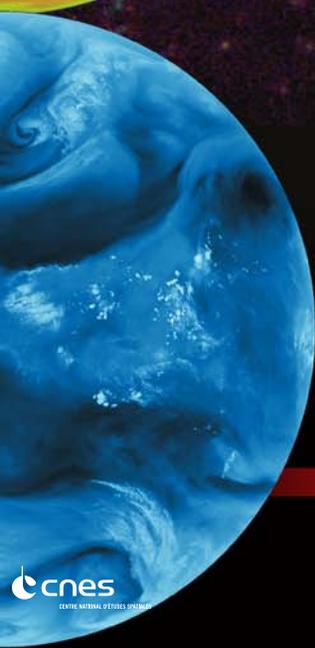
1864



J.C. Maxwell établit les lois de l'électromagnétisme.

1888 H. Hertz montre expérimentalement que la lumière est une forme de rayonnement électromagnétique.

1895 W. Conrad Röntgen découvre les rayons X.



La Terre vue de l'espace

La Terre est scrutée en permanence par des satellites qui nous donnent des images étonnantes de notre environnement. A leur altitude ils observent de grandes zones du globe. Mais ils sont aussi capables de zoomer avec précision sur des petites surfaces.

Différents de nos yeux, ces satellites ne regardent pas la Terre uniquement dans le domaine visible mais aussi dans le domaine radio, ultraviolet et infrarouge.

Ces observations spatiales sont très utiles pour établir des prévisions météorologiques, surveiller l'évolution des ressources naturelles, observer les océans et les glaces ou encore étudier l'atmosphère.

D'autres satellites en orbite autour de la Terre servent de relais de télécommunications en recevant et transmettant des informations par radio.

L'Univers brille de milles feux... pas tous visibles à nos yeux

Les planètes et les étoiles émettent également différents types d'ondes électromagnétiques. Ces ondes se propagent dans l'Univers en transportant avec elles de précieuses informations. Elles nous renseignent sur la composition chimique, la température, la pression et l'environnement des objets célestes. Toutefois, la plupart de ces ondes sont arrêtées par l'atmosphère terrestre et ne parviennent pas jusqu'à nous. L'altitude des satellites leur permet de capter ces ondes en provenance de l'Univers.

Les satellites qui observent la Terre et l'Univers ne voient pas la même chose que nous. Découvrons le monde qui nous entoure, à travers leurs yeux, le temps d'une promenade au fil du spectre électromagnétique...

Les satellites en quelques dates

1957 **Sputnik**
premier satellite artificiel
(Union Soviétique)

1960 **TiROS-1**
premier satellite
météorologique
(Etats-Unis)

1968 **OAO** : premier satellite d'astronomie
en ultraviolet (Etats-Unis)

1970 **SAS 1** : premier satellite d'astronomie
en rayons X (Etats-Unis)

1972 **SAS 2** : premier satellite d'astronomie
en rayons gamma (Etats-Unis)

1983 **IRAS** : premier satellite d'astronomie
en infrarouge (Etats-Unis, Royaume-Uni,
Pays-Bas).



Vue d'artiste des satellites Galileo. Équivalent du GPS américain (Global Positioning System), ce système européen de positionnement par satellite fonctionnera avec des ondes radio.



plus de 100 km à 1 cm

ONDES RADIO



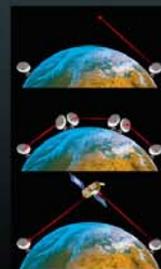
Satellite Estelcat

Communiquer sans fil

Les ondes radio se propagent rapidement et avec peu de pertes d'énergie dans l'atmosphère. Elles sont actuellement très utilisées pour transmettre à distance et sans fil des messages et des informations. La radio, la télévision, les téléphones portables en sont les principales applications. Afin d'obtenir suffisamment de signaux différents, on fait varier faiblement la fréquence (modulation de fréquence) ou l'amplitude (modulation d'amplitude) de ces ondes. Tout le monde connaît par exemple les grandes ondes, les ondes moyennes ou courtes utilisées pour la radiophonie.

Un satellite comme relais

Les ondes électromagnétiques se propagent en ligne droite dans le vide. Comme la Terre est ronde avec du relief, il faut de nombreux relais pour acheminer des ondes radio sur une grande distance, à moins de prendre de l'altitude. Des satellites en orbite géostationnaire, c'est-à-dire immobiles par rapport à la Terre à 36 000 km d'altitude, peuvent servir de relais en recevant et transmettant des ondes radio. Ainsi 3 satellites suffisent pour couvrir la quasi-totalité du globe.



"Les téléphones portables utilisent les ondes radio pour communiquer."



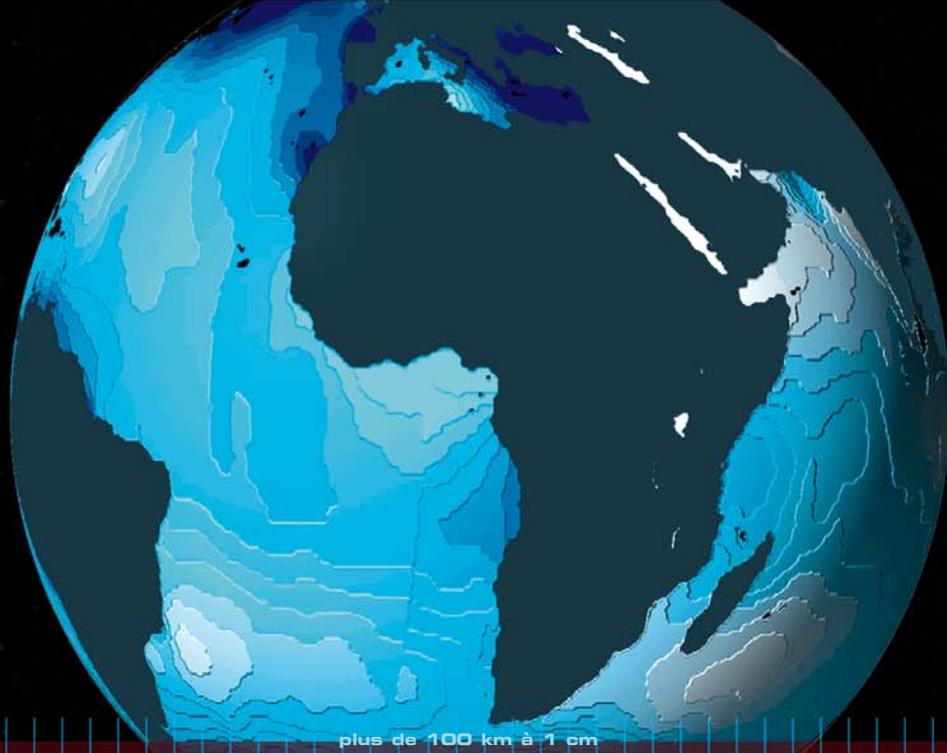
Transmission de la télévision par satellite.



Les systèmes de positionnement par satellite sont utilisés en agriculture.



Les balises Argos permettent de suivre par satellite des animaux sauvages.

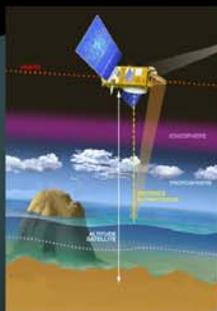


plus de 100 km à 1 cm

ONDES RADIO



Satellite Jason-1



L'altimétrie radar

Les altimètres des satellites sont des radars qui envoient des ondes radio sous forme d'impulsions très brèves. Quand ces ondes rencontrent un obstacle, elles sont réfléchies sous forme d'écho et retournent à leur source. Dans le cas de Jason-1 cet obstacle est la surface de l'océan. Connaissant la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques, la durée de leur aller-retour permet de déduire la distance qui sépare le satellite de la mer. Les altimètres calculent ainsi des altitudes avec une précision de 2 cm. L'amplitude et la forme de l'écho nous renseignent sur d'autres paramètres comme la hauteur des vagues ou la vitesse du vent à la surface de la mer.

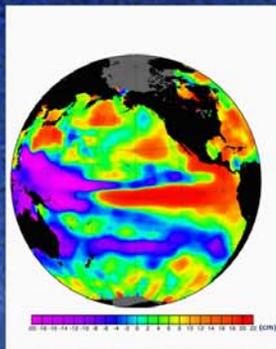
Mesurer le niveau des mers

Les radars embarqués à bord de certains satellites fonctionnent avec des ondes radio. Ces instruments mesurent des distances et des hauteurs. Par exemple le satellite Jason-1 observe spécifiquement les océans et grâce à son radar, il calcule le niveau moyen des mers. Les scientifiques estiment aujourd'hui, à partir de ces observations et de modèles numériques, que ce niveau s'élève de 2 mm par an. Ce phénomène pourrait être en relation avec l'augmentation générale de la température. Jason-1 nous apporte aussi des informations sur la hauteur des vagues, les courants marins et les vents, et permet de détecter des signes précurseurs d'anomalies climatiques tel que El Niño.

"En imagerie médicale, l'IRM (imagerie par résonance magnétique) fonctionne avec des ondes radio."



Les forêts observées par le satellite Jason-1 sont utiles pour les activités de pêche.



El Niño observé le 7 septembre 1997 par le radar du satellite Jason-1

Côte de la Finlande
vue par le radar ASAR
(Advanced Synthetic Aperture Radar)
du satellite Envisat.

plus de 100 km à 1 cm

ONDES RADIO

Surveiller la planète

Pour ausculter la planète et protéger notre environnement, les scientifiques peuvent compter sur les radars embarqués à bord de certains satellites. Celui d'Envisat est utilisé entre autres pour cartographier les zones polaires, observer des glaces à la surface des océans et repérer des marées noires. En plus de son radar, ce satellite européen intègre 9 autres instruments avec lesquels il surveille les océans, les terres émergées et l'atmosphère de notre planète.



Le radar ASAR

L'antenne du radar ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) du satellite Envisat est composée de 20 plaques, chacune constituée de 16 parties indépendantes capables d'émettre et de recevoir des ondes électromagnétiques. Ces 320 modules peuvent être configurés et orientés indépendamment, ce qui permet de réaliser des observations de tailles et de résolutions très diverses. Pour étudier les vagues ou repérer des glaces, ASAR surveille des zones de 5 km de côté. Mais il est également capable de faire des observations sur des surfaces de plus de 400 km².

Satellite Envisat

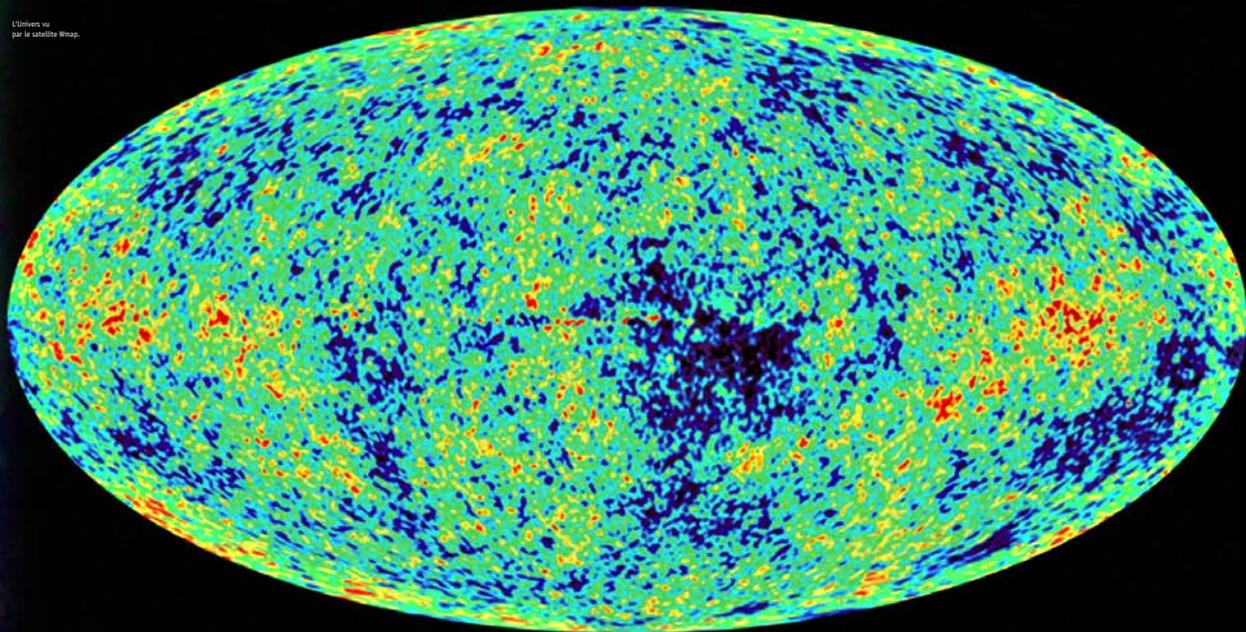


La marée noire provoquée par le Prestige détectée par le radar ASAR du satellite Envisat.

Le radar ASAR du satellite Envisat permet de détecter et de suivre des icebergs ou des bateaux à la surface des océans.

"Les radars autoroutiers fonctionnent selon le même principe que les altimètres."



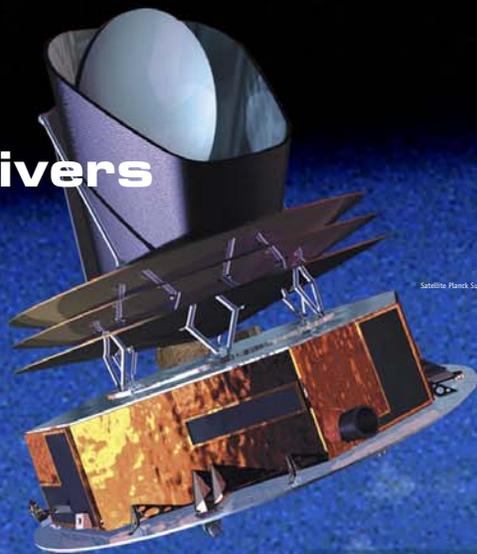


de 1cm à 1mm

MICRO-ONDES

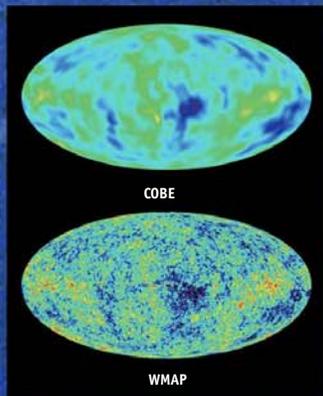
Un rayonnement vieux comme l'Univers

L'Univers est entièrement baigné par un rayonnement micro-onde de faible énergie que l'on appelle le rayonnement cosmologique fossile. Ces ondes auraient été émises à peine 380 000 ans après le Big-Bang et constitueraient le plus vieux rayonnement de l'Univers. En étudiant ces ondes électromagnétiques, les satellites Cobe et Wmap ont permis d'estimer l'âge de l'Univers à 13,7 milliards d'années.



Satellite Planck Surveyor

"Comme leur nom
l'indique, les fours
à micro-ondes utilisent
des micro-ondes pour
chauffer les aliments."

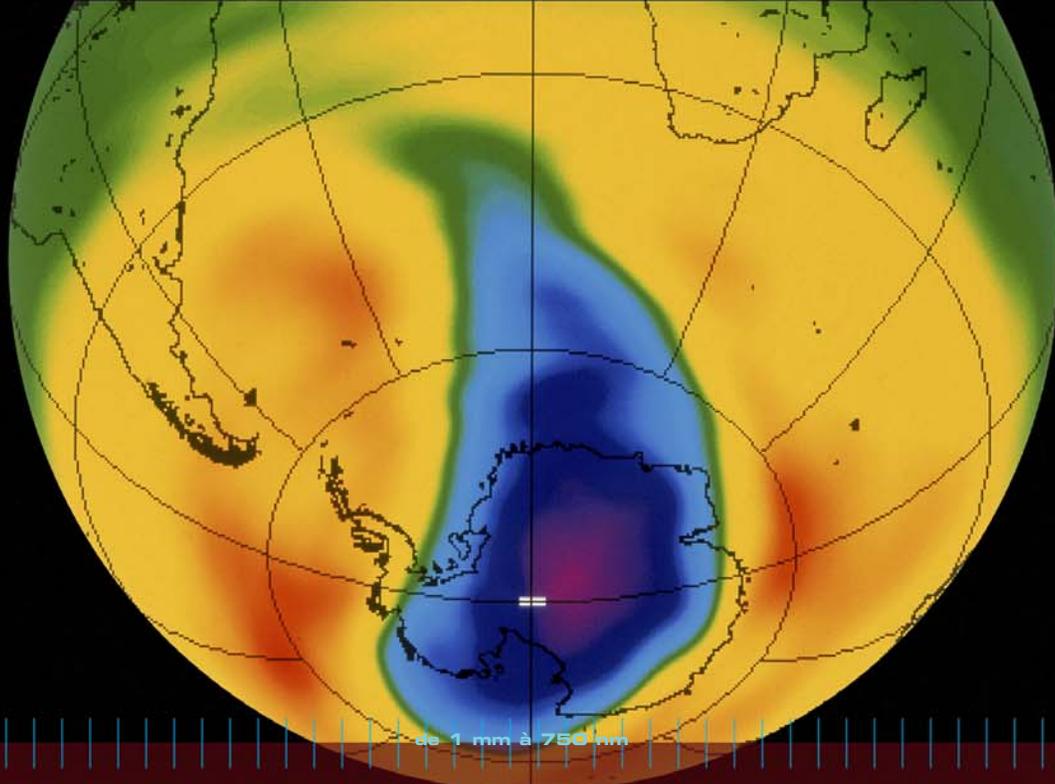


La mission Planck Surveyor

Le satellite Cobe est le premier à avoir observé le rayonnement cosmologique en 1993. Depuis, Wmap a obtenu des données plus précises et Planck Surveyor permettra d'étudier encore plus finement les propriétés de ce rayonnement et de déterminer l'évolution de l'Univers.

Le télescope de Planck Surveyor avec un diamètre de 1,3 mètre aura une résolution 30 fois supérieure à celle de Cobe. Les instruments du satellite, refroidis à 0,1° au-dessus du zéro absolu (-273°C), capteront le rayonnement sous forme d'infimes modifications de températures.

La Terre vue par le radiomètre du satellite Odin.
Le trou de la couche d'ozone apparaît en violet et bleu.

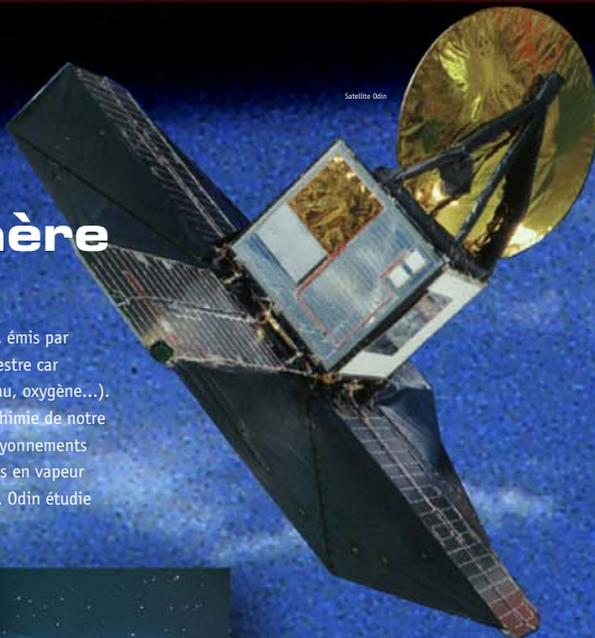


de 1 mm à 750 nm

INFRAROUGE

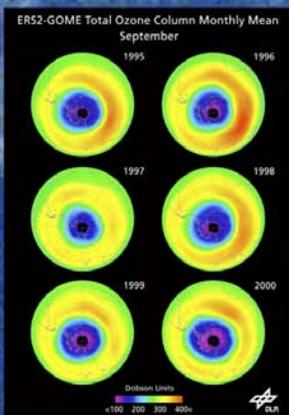
Quand les molécules de l'atmosphère se dévoilent

Certains rayonnements, en particulier dans l'infrarouge, émis par les corps célestes ne franchissent pas l'atmosphère terrestre car ils sont absorbés par les molécules qui la composent (eau, oxygène...). Le satellite Odin utilise cette propriété pour étudier la chimie de notre atmosphère. En mesurant le taux d'absorption de ces rayonnements infrarouges, il calcule les concentrations atmosphériques en vapeur d'eau, ozone, monoxyde de carbone ou oxyde de chlore. Odin étudie et surveille par exemple le trou de la couche d'ozone.



Satellite Odin

"Les télécommandes envoient des informations grâce à des infrarouges."



Le comète Ikeya-Zhang dont Odin a étudié les poussières et les gaz.

Le double regard d'Odin

Le satellite Odin scrute la Terre tout en gardant un œil sur l'Univers. Les instruments qu'il utilise pour étudier notre atmosphère lui servent aussi à détecter la présence d'eau ou d'oxygène dans des comètes ou des nuages interstellaires. Son radiomètre capte des ondes électromagnétiques correspondant à 5 longueurs d'onde : 4 dans le domaine dit submillimétrique (autour de 0,5 mm) et 1 dans le domaine millimétrique (3 mm).

Evolution du trou de la couche d'ozone de 1995 à 2000 suivie par Odin.

La nébuleuse de la Tête de Cheval vue par le spectromètre à grande longueur d'onde du satellite Iso.

de 1 mm à 750 nm

INFRAROUGE

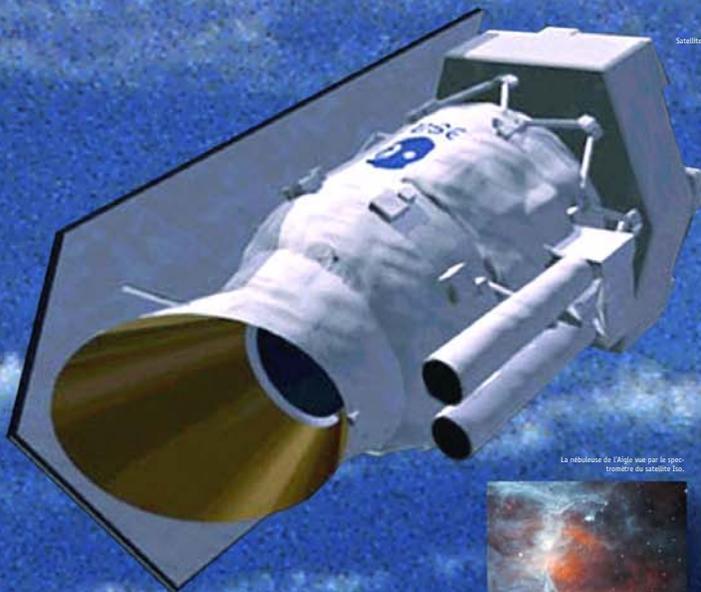
L'Univers froid

L'observation astronomique dans l'infrarouge permet d'étudier les zones froides et poussiéreuses de l'Univers. Ces ondes infrarouges sont émises par la matière interstellaire à une température de quelques dizaines de degrés au-dessus du zéro absolu (-273°C). Le satellite Iso est le premier à avoir observé l'Univers dans cette longueur d'onde. Il a plus particulièrement étudié les nuages de poussières et de gaz dans lesquels naissent les étoiles à des températures inférieures à -250°C. Lancé en 2007, le satellite Herschel s'intéressera à la formation des galaxies et des étoiles en utilisant ce rayonnement infrarouge.

Un satellite climatisé

L'objectif de la mission Iso était de capter des infrarouges émis par les objets froids, le satellite a dû être constamment refroidi pour ne pas être aveuglé par sa propre émission. De l'hélium liquide a permis de maintenir la température des instruments autour de -273°C. Iso a fonctionné aussi longtemps qu'il a disposé de réserves d'hélium. Celles-ci étant épuisées après 28 mois, au lieu des 18 prévus initialement, la température des instruments a commencé à augmenter et le satellite a cessé d'être opérationnel.

Satellite Iso



"Pour filmer la nuit, les caméras utilisent un certain type d'infrarouges."



La nébuleuse de l'Aigle vue par le spectromètre du satellite Iso.



Galaxie d'Andromède vue par le spectromètre du satellite Iso.

