

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 ?

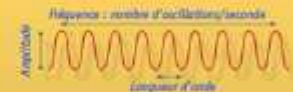
Électricité et magnétisme sont étroitement associés. Un courant électrique génère un champ magnétique. Inversement un champ magnétique variable crée un champ électrique.

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.N. 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.



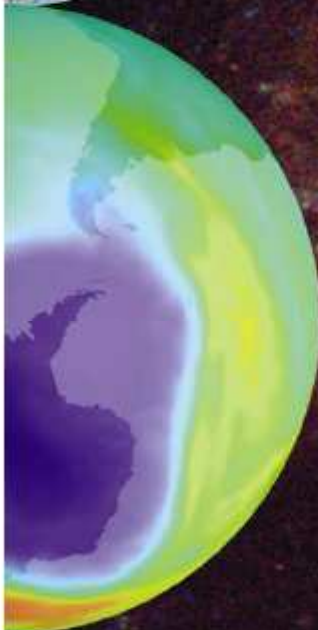
La Terre vue de l'espace

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 (URSS - Soviétique)

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

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

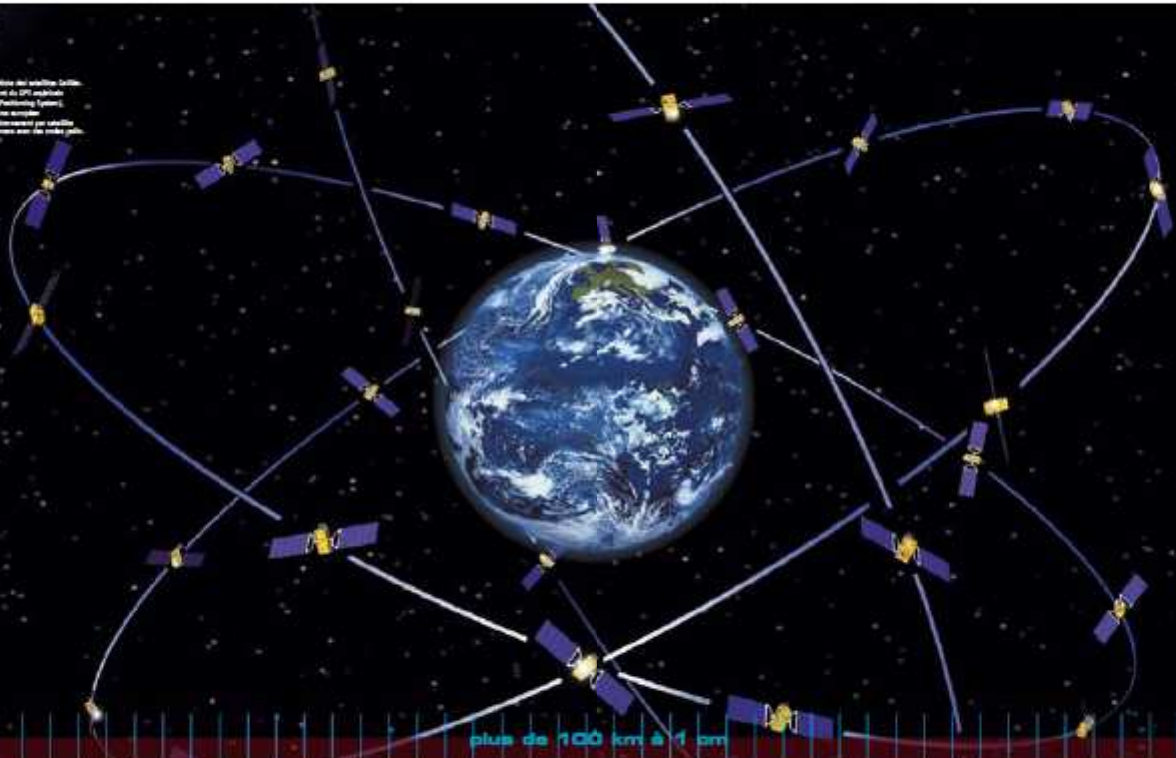
1970 **SAS 1** : premier satellite d'astronomie en rayons X (Etats-Unis)

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).



Une constellation de satellites Galileo.
 Équipement du GPS européen
 Global Positioning System.
 en orbite autour
 de la Terre pour permettre
 de positionner avec précision
 les véhicules avec des ondes radio.



plus de 100 km à 1 cm

ONDES RADIO



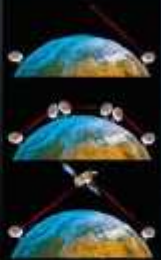
Satellite Galileo

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 des relais pour transmettre des ondes radio sur une grande distance. À l'échelle de l'espace de l'altitude, les satellites en orbite géostationnaire, c'est-à-dire tournant au-dessus de la Terre à 36 000 km d'altitude, peuvent servir de relais en recevant et réémettant des ondes radio. Avec 3 satellites suffisent pour couvrir la quasi-totalité de la globe.



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



Transmission de la télévision par satellite.

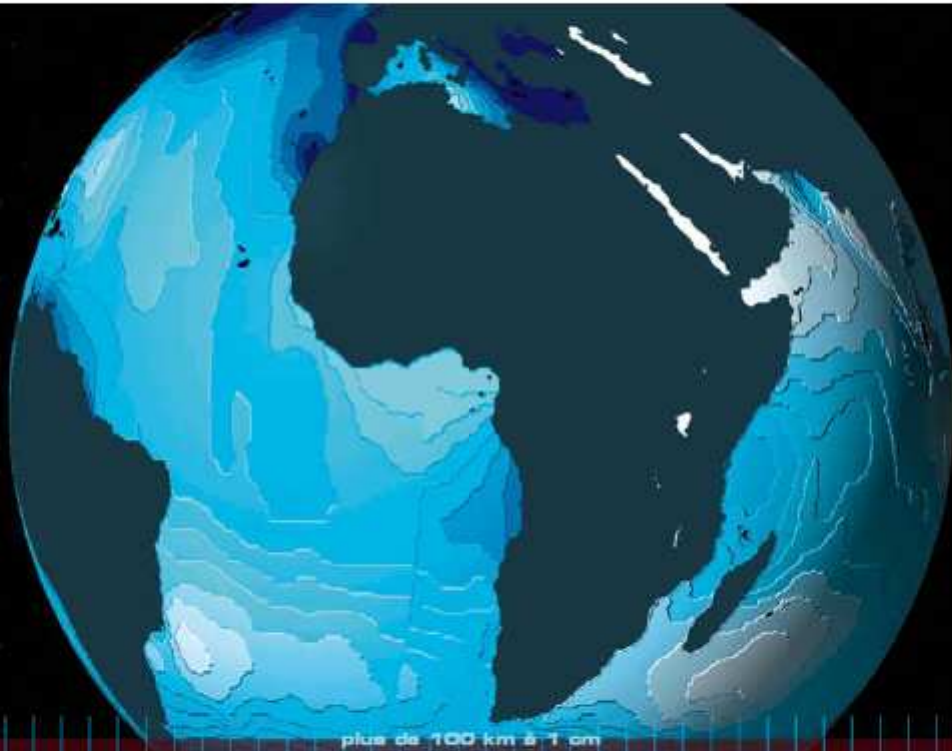


Les données de positionnement par satellite sont utilisées en agriculture.



Les balises fixes, portables de suivi par satellite des animaux sauvages.

Le satellite est en orbite à une altitude de 1000 km.



plus de 100 km à 1 cm

ONDES RADIO



L'altimétrie radar

Les altimètres des satellites sont des radars qui envoient des ondes radio vers l'eau. Elles sont réfléchies sans être absorbées. Un récepteur, situé sur le satellite, reçoit l'écho et mesure le temps de retour. En connaissant la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques, le délai de leur aller-retour permet de calculer la distance qui sépare le satellite de la mer. Les altimètres calculent ainsi des altitudes avec une précision de 2 cm. L'altitude et la forme de l'océan nous renseignent sur d'autres paramètres comme le 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.

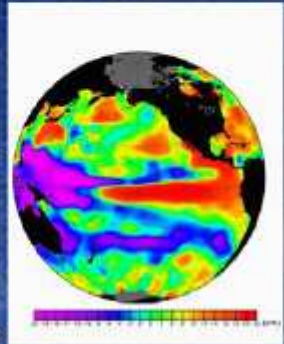
Les scientifiques estiment aujourd'hui, à partir de ces observations et de modèles numériques, que ce niveau s'élève de 2 mm par an. Ce phénomène pourrait être en relation avec l'augmentation générale de la température.

Jason-1 nous apporte aussi des informations sur la hauteur des vagues, les courants marins et les vents, et permet de déceler des signes précurseurs d'anomalies climatiques tel que El Niño.

"Un langage médical (DIA) (imagery par distance) (équivalent) (normale) (des) (ondes) (radio)." (Note: This text is partially obscured and difficult to read, appearing to be a mix of words and symbols.)



Un organisme marin (comme un oursin) peut être vu par les altimètres de Jason-1.



Le niveau moyen des mers s'élève de 2 mm par an.

Site de l'ESA
 www.esa.int
 European Space Agency
 11 rue de la Vallée
 91191 Evry-Courcouronnes
 Cedex 13

plus de 100 km à 1 km

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 de radar ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) du satellite Envisat est composée de 28 plaques, chacune constituée de 26 cellules indépendantes, capables d'émettre et de recevoir des ondes électromagnétiques. Ces 28 modules peuvent être configurés et utilisés indépendamment, ce qui permet de réaliser des observations de faible et de haute résolution. Pour étudier les régions les plus reculées 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 500 km.

Satellite Envisat

"Le radar synthétique fonctionne selon le même principe que les radars."

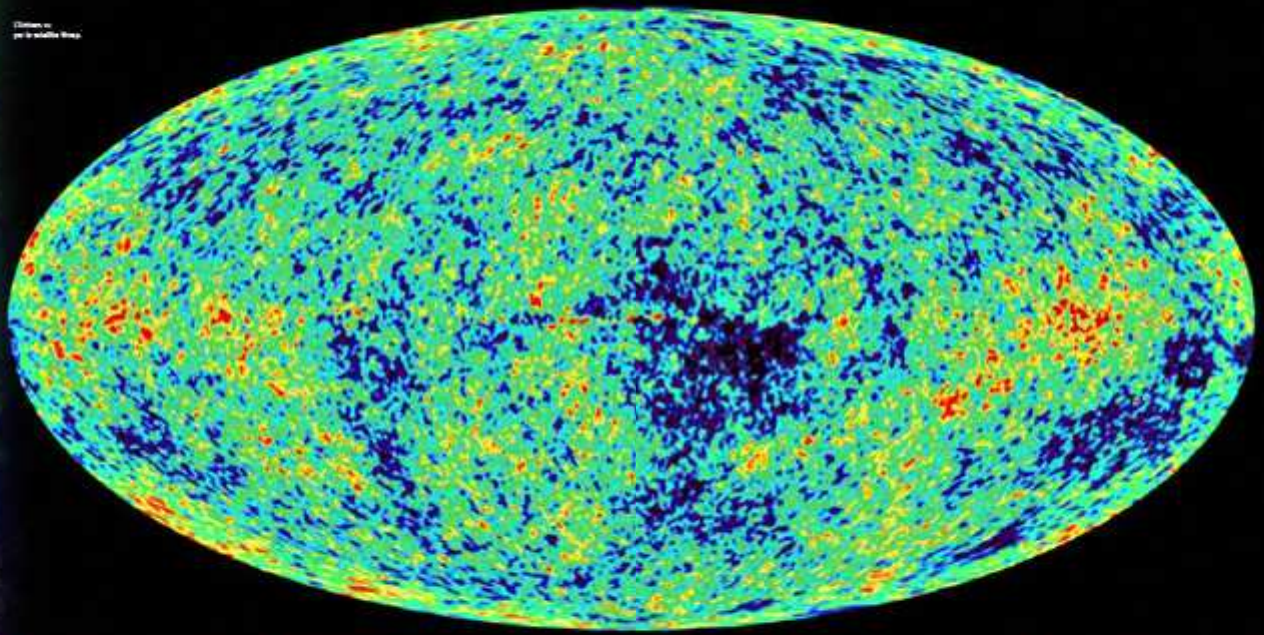


Le radar ASAR surveille les zones polaires et les zones de glace.

Le radar ASAR du satellite Envisat permet de surveiller les zones de glace et les zones de marées noires.



Crédit : NASA

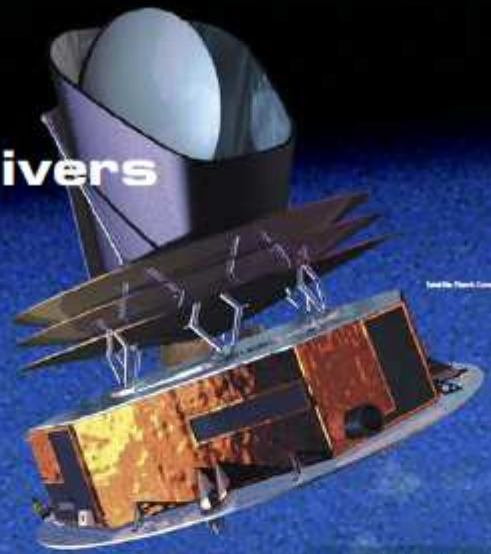


de 1cm à 1mm

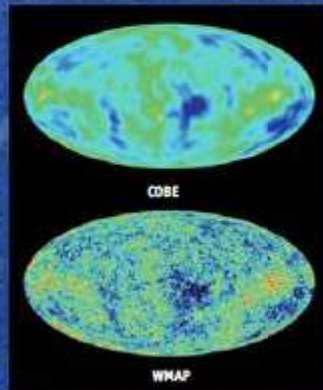
MICRO-ONDES

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 390 000 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.



ESA/ESA/Planck Consortium



La mission Planck Surveyor

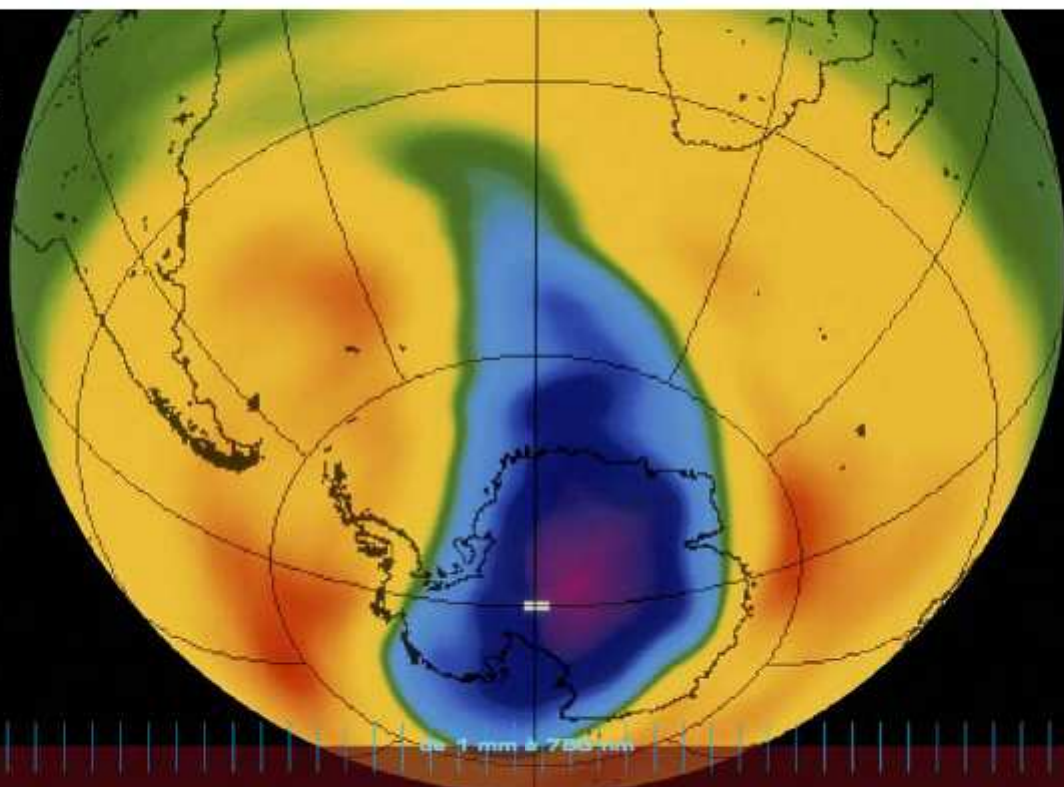
Le satellite Cobe est le premier à avoir obtenu le rayonnement cosmologique en 1998. Depuis, Wmap a obtenu des données plus précises et Planck Surveyor permettra d'étudier encore plus finement les propriétés de ce rayonnement et de révéler les mystères de l'Univers.

La mission de Planck Surveyor sera en orbite de 1,5 année avec une résolution 10 fois supérieure à celle de Cobe. Les instruments du satellite, refroidis à 0,1° au-dessous du zéro absolu (273°), obtiendront les données les plus précises et les plus détaillées de température.

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



Le trou au pôle de l'atmosphère de l'antipode (Océan Pacifique) est visible en rouge et bleu.



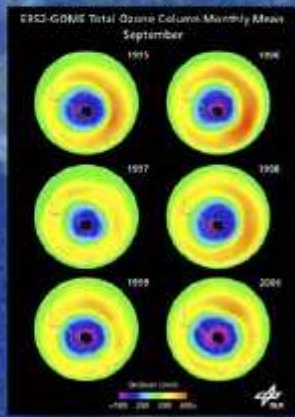
INFRAROUGE

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.



"Les Micromondes amènent des informations utiles à des chercheurs."



Le satellite Vega (Europe) sera lancé à l'été 2005 et sera en orbite pendant 6 mois.

Le double regard d'Odin

Le satellite Odin survole la Terre tout en gardant un œil sur l'Univers. Les instruments qu'il utilise pour étudier notre atmosphère lui servent aussi à observer les phénomènes d'astres lointains dans des longueurs d'onde invisibles à l'œil humain. Son radiomètre capte des ondes électromagnétiques correspondant à 5 longueurs d'onde : 4 dans le domaine de la radioastronomie (longueurs de 0,5 mm) et 1 dans le domaine ultraviolet (0,3 nm).

Le télescope
du VLT de l'ESO
est en fait le plus grand
observatoire astronomique
au monde.

de 1 mm à 750 nm

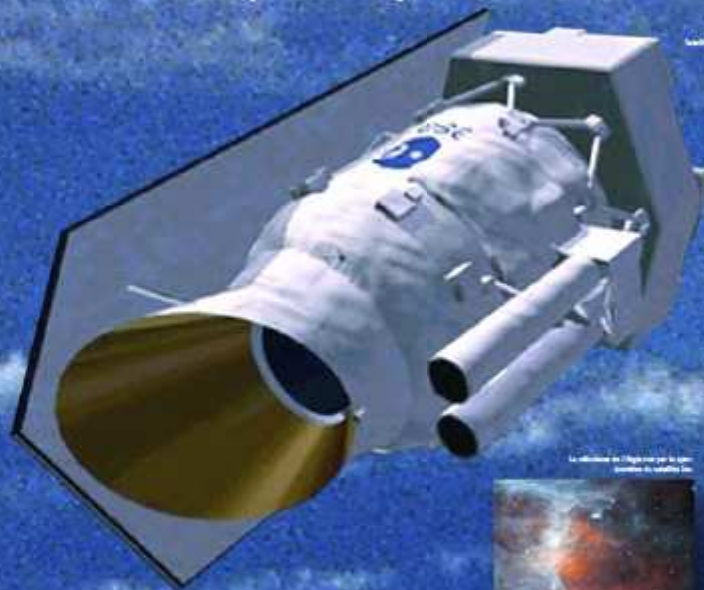
INFRAROUGE

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 Ixo 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 est d'étudier les zones froides de l'Univers. Le satellite a été refroidi à l'aide d'un système de refroidissement à l'hélium. Les instruments ont une température inférieure à -273°C. Ils fonctionnent avec une précision de 0,1 à 0,2 degré de Kelvin. Les données sont envoyées à la Terre par un système de communication à haute vitesse. La température des instruments a commencé à augmenter et le satellite a cessé d'être opérationnel.



Herschel

"Pour finir la nuit,
les astronomes observent
un certain type
d'étoiles."

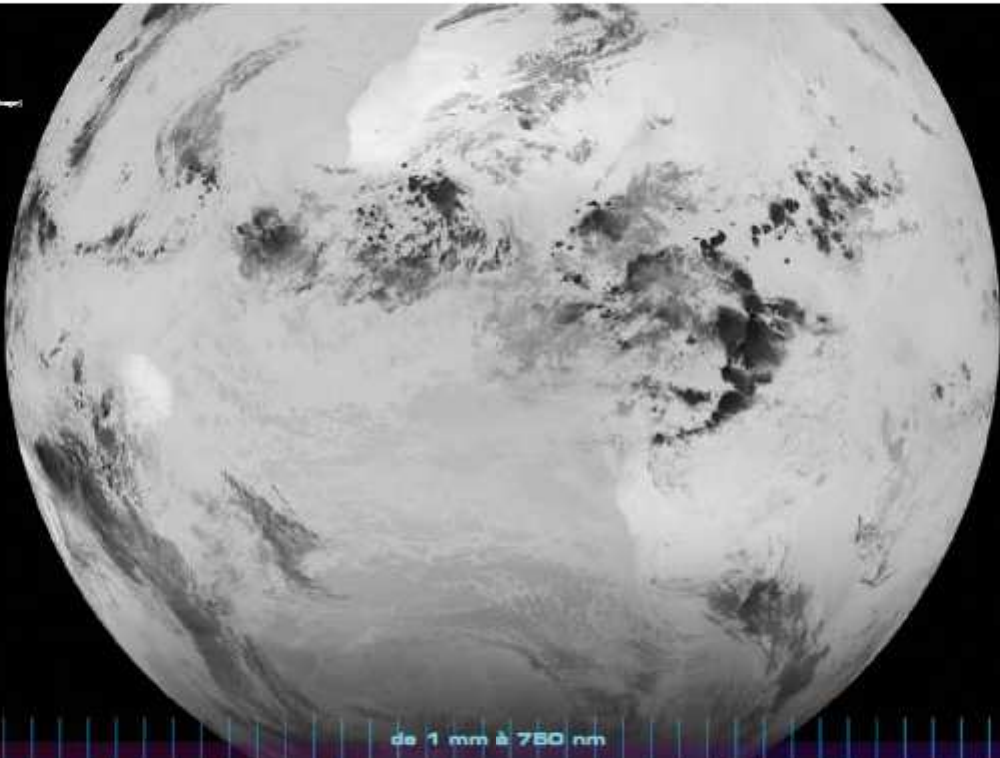


La mission de l'observatoire est de
observer le satellite Ixo.



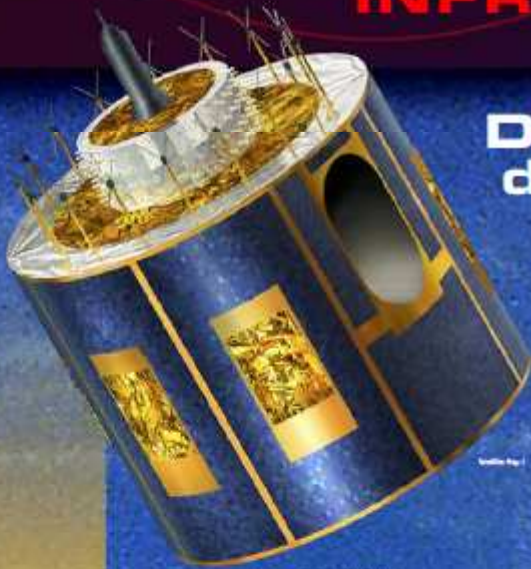
Image d'observation en
infrarouge du satellite Ixo.

La Terre en infrarouge
vue par le satellite SEVIRI
(European Space Agency & ESA/ESA/ESA)
de satellite Fig. 1.



de 1 mm à 780 nm

INFRAROUGE



Satellite Fig. 1

Des cartes de température

Sur Terre, les corps chauds émettent des rayons infrarouges dits thermiques, d'une longueur d'onde comprise entre 10 et 15 μm . Les satellites météorologiques utilisent cette propriété pour établir à distance la température des nuages ou de la surface de la Terre. Ces données peuvent être traduites en cartes. Par exemple une surface très chaude, comme un désert, émet beaucoup de rayonnement infrarouge et apparaîtra blanche sur la carte. A l'inverse les nuages froids d'altitude seront représentés en noir. Ces données servent à établir les prévisions météorologiques.

Le capteur SEVIRI

Le satellite Meteosat est équipé d'un capteur SEVIRI (Spectral Earth Radiation Imager & Visible Imager). Avec ses 32 canaux, ce capteur peut mesurer simultanément 12 degrés de la Terre dans des longueurs d'onde différentes. Il permet ainsi d'observer la Terre dans le visible et à dans le domaine de l'infrarouge (notamment l'infrarouge thermique).

Afin de se stabiliser, le satellite en orbite géostationnaire tourne sur lui-même. Et en fait, son capteur s'ajuste d'un arc en arc une vitesse constante de la surface du globe. Au tour complet, il se déplace légèrement vers le haut. Ainsi en quelques 1200 observations, effectuées en moins de 18 minutes, le capteur recouvre une image complète de la moitié de globe qu'il observe.



2. Le rayonnement d'un désert au jour de printemps.

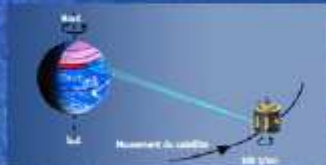


... et de jour, l'altitude des nuages est représentée en couleurs.



De données météorologiques précises sont indispensables au agriculteur.

"Un globe de vision nocturne permet de détecter l'infrarouge thermique."





de 750 nm à 400 nm

VISIBLE

Les continents à la loupe

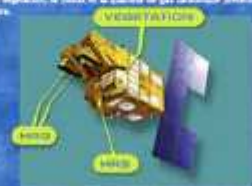
Certains satellites sont spécialisés dans l'observation des terres émergées. Les données qu'ils recueillent sur notre environnement constituent de précieux outils. Les satellites français Spot font partie de ces sentinelles du ciel. Le plus récent d'entre eux, Spot 5, a été mis en orbite en 2002. Depuis, les spécialistes utilisent ses images pour suivre l'évolution des cultures agricoles, gérer le développement des villes, surveiller l'état et la nature de la végétation, ou encore évaluer les effets d'inondations ou d'incendies.



Spot 5

Spot 5 et ses instruments

L'instrument HRV (Haute Résolution Visible) est composé de deux télescopes optiques, à ouverture grand-angle, de 1,5 m de diamètre, qui observent la Terre dans une bande spectrale de 400 à 700 nm. Les images sont rectifiées et projetées sur la même ligne qui peut être prise en 3 dimensions grâce à une tête plane. Le satellite est également équipé de deux altimètres LRR (Largeur de Rayon Radar) à bord, qui mesurent la distance de la Terre à la surface de la mer et de la glace en utilisant les ondes radar. L'altimètre de Spot 5 est composé de 4 antennes qui regardent avec une résolution d'environ 1 km, dans 4 bandes de centre : 1 GHz (longueur d'onde : 0,3 m à 0,27 m), 2 GHz (longueur d'onde : 0,15 m à 0,14 m) et 2,3 GHz (longueur d'onde : 0,13 m à 0,12 m) et 1,6 à 1,7 GHz. Ces instruments ont permis à l'échelle de l'observation de la végétation, le climat et la quantité de gaz carbonique présent dans l'atmosphère.



"Les satellites d'une époque ont révolutionné l'imagerie au début du siècle dernier."



Une image satellite dans le cadre de l'Agence de l'Environnement et de l'Énergie (ADEME).

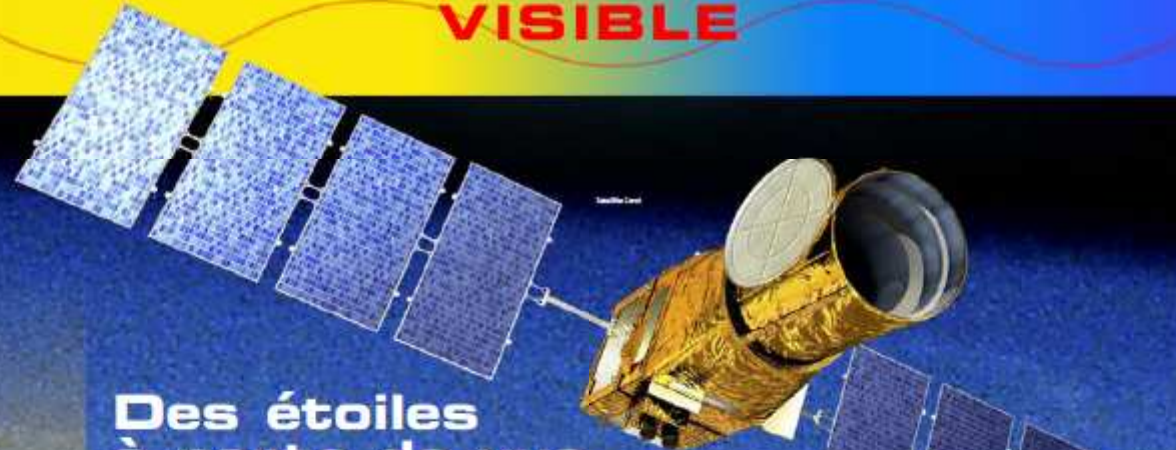


Image de la Fondation de la Mer et de l'Énergie en vue de l'océan Spot 5.



de 750 nm à 400 nm

VISIBLE

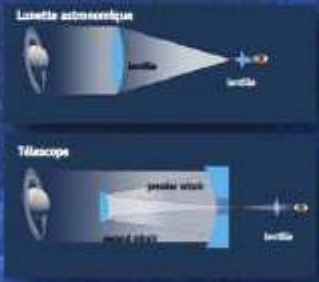


Des étoiles à perte de vue...

Observer l'Univers dans le visible depuis l'espace permet de réaliser des images d'une qualité impossible à obtenir depuis le sol. Celles prises par le télescope Hubble ont permis des avancées scientifiques majeures.
Le télescope spatial français Corot, dont la mise en orbite est prévue pour 2006, aura pour mission de traquer des exoplanètes de type tellurique comme la Terre et d'observer les oscillations lumineuses des étoiles pour mieux comprendre leurs structures internes qui guident leurs évolutions.

Lunette ou télescope, quelle différence ?

Lunettes astronomiques et télescopes se comportent un peu comme des miroirs à lumière. Ils concentrent les rayons lumineux provenant d'un objet lointain, ou un objet spatial lointain. À cet endroit la forme est réfléchiée image qu'il reste à agrandir pour la rendre observable.
La différence entre les deux instruments tient au fait que les lunettes utilisent des lentilles pour faire converger les rayons lumineux, alors que le cas des télescopes qui recourent en cela aux télescopes. Les miroirs diffusent mieux les images que les lentilles, ils peuvent atteindre des diamètres plus importants et ainsi capter davantage de lumière lumineuse. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'achat et la pratique du télescope sont préférés par les amateurs astronomiques, pour l'observation de ciel profond.



"Un regard d'un être
éblouissant vers les yeux
du lecteur des codes
astrologiques
appartenant au visible."



La collection de la Fédération
française d'Astronomie Amateur

Plus d'infos sur l'actualité de la photographie et de la vidéo sur www.esa.int



de 750 nm à 400 nm

VISIBLE

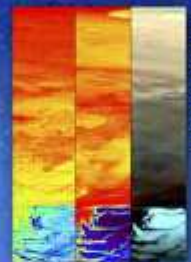
Satellite Mars Express



S'approcher pour mieux voir

Plusieurs sondes parties explorer les planètes du système solaire observent dans le domaine visible et envoient sur terre des images fascinantes. C'est le cas par exemple de la sonde européenne Mars Express, placée sur orbite martienne le 25 décembre 2003, avec pour mission d'étudier la surface et l'atmosphère de la planète rouge. Grâce à l'un de ses instruments, baptisé Omega, fonctionnant dans le visible et le proche infrarouge, Mars Express a cartographié les calottes polaires de notre intrigante voisine.

"Il n'y a pas quelque chose qui ressemble à un appareil photo ?
Et laissez-le fonctionner pour capturer les images."



Omega sur Mars Express
Image en 1 bit. Les deux instruments Omega embarqués à bord de la sonde Mars Express. Ils cartographient la surface et la planète rouge au large de 360 degrés, pendant la nuit. Le résultat visible est une partie de l'éclairage ultraviolet d'une à 1,2 micromètres. Dans cette région de spectre, la planète rouge est en fait un mélange de couleurs électromagnétiques qui sont considérées. Ce type de "signature". En analysant ces images, Omega peut déterminer avec une précision de quelques centimètres de surface, la composition minéralogique de la surface.

Omega sur Mars Express

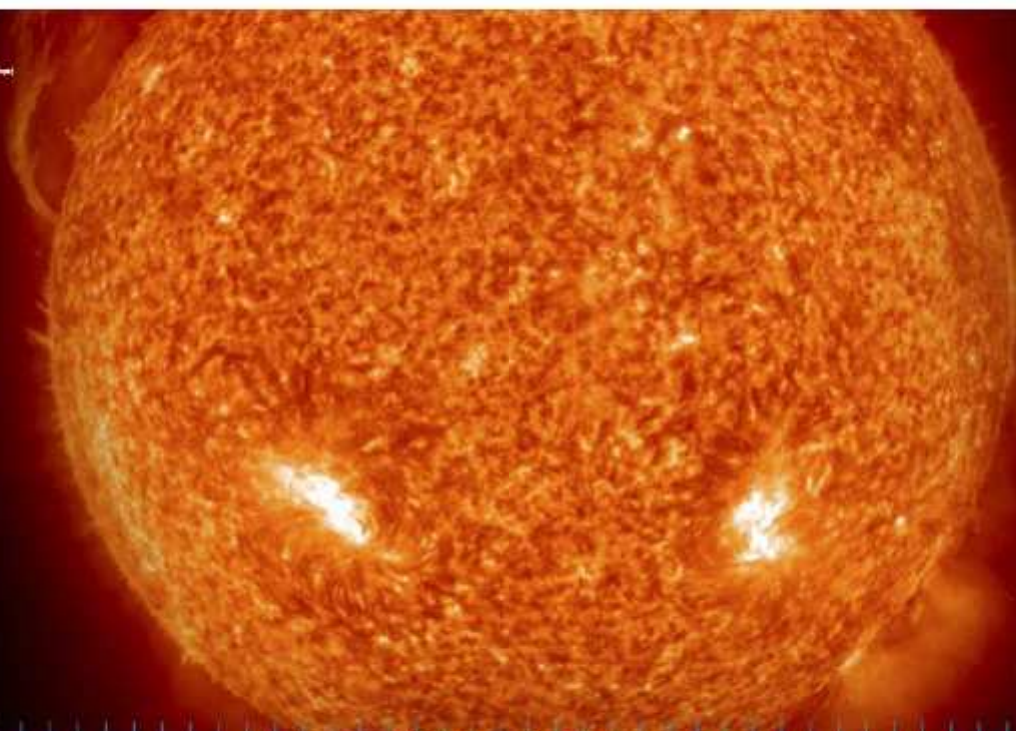
Image en 1 bit. Les deux instruments Omega embarqués à bord de la sonde Mars Express. Ils cartographient la surface et la planète rouge au large de 360 degrés, pendant la nuit. Le résultat visible est une partie de l'éclairage ultraviolet d'une à 1,2 micromètres. Dans cette région de spectre, la planète rouge est en fait un mélange de couleurs électromagnétiques qui sont considérées. Ce type de "signature". En analysant ces images, Omega peut déterminer avec une précision de quelques centimètres de surface, la composition minéralogique de la surface.



Sur l'état de la surface d'un cratère martien. Le projet Mars Express (ESA, ESA/ESA/ESA) de la sonde Mars Express.



de Jean-Paul Lutz sur le plateau Mars au projet Mars Express (ESA/ESA/ESA) de la sonde Mars Express.



de 400 nm à 10 nm

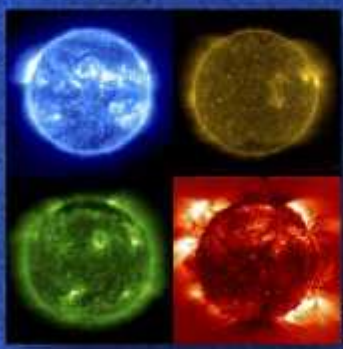
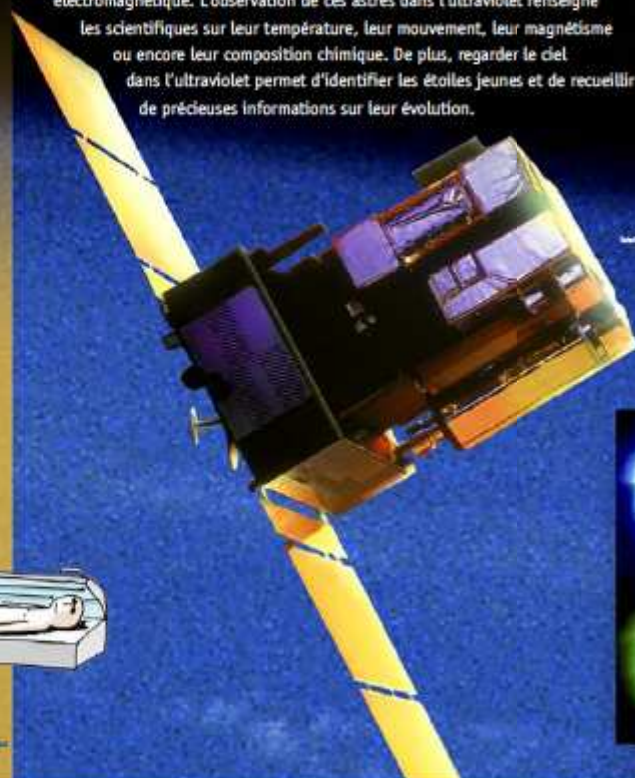
ULTRAVIOLET

Un peu plus près des étoiles... et de leur composition

Le Soleil est connu pour émettre des rayons ultraviolets. Bien d'autres étoiles, allant des naines blanches aux étoiles géantes, émettent dans cette gamme du spectre électromagnétique. L'observation de ces astres dans l'ultraviolet renseigne les scientifiques sur leur température, leur mouvement, leur magnétisme ou encore leur composition chimique. De plus, regarder le ciel dans l'ultraviolet permet d'identifier les étoiles jeunes et de recueillir de précieuses informations sur leur évolution.

Une place au Soleil pour Soho

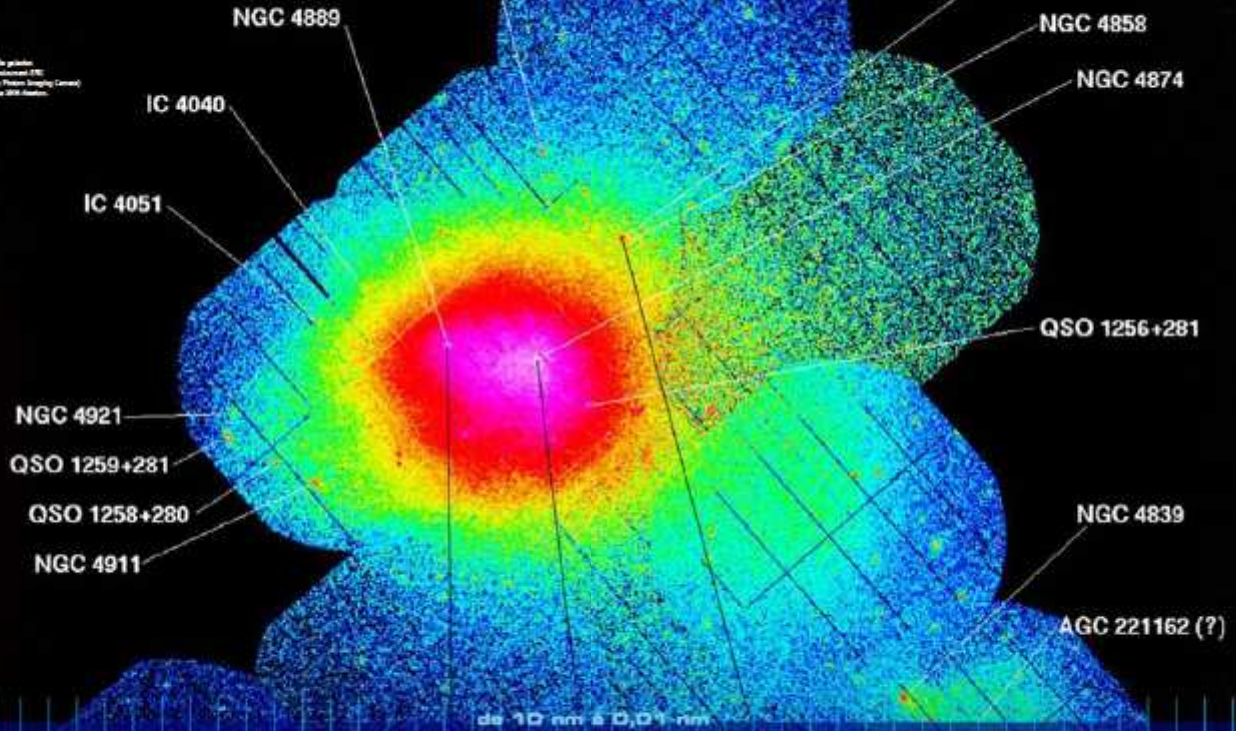
Le 2 en 1996, la sonde européenne Soho permet de disposer d'une vue historique et complète du Soleil. Actuellement dit, pour un observatoire spatial, il est là jour en permanence. Soho est situé entre la Terre et le Soleil, à 1 million et demi de kilomètres de la planète bleue, au voisinage de l'un des deux "points de Lagrange". Ces points, observés au XVII^e siècle par le mathématicien français Joseph-Louis de Lagrange, sont les endroits où les forces gravitationnelles de notre planète et de son étoile s'équilibrent. Ainsi, Soho tourne autour du Soleil en même temps que la Terre et occupe une position invariable. Pas par rapport aux deux astres, car en fait un flux d'observations vers.



"Pour être
aussi si près
de l'étoile à l'échelle
d'un rayon
ultraviolet."



En savoir plus
sur le Chandra X-
ray Observatory (CXC)
à l'adresse : www.nasa.gov



RAYONS X

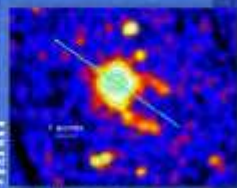


Ce que l'atmosphère nous cache...

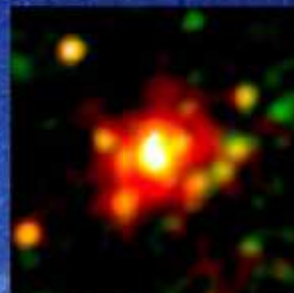
Les rayons X et gamma venus de l'espace ne peuvent être captés depuis la Terre car l'atmosphère constitue un écran presque totalement opaque à ce type de rayonnement. L'envoi de satellites d'observations au-delà de l'atmosphère terrestre a permis de lever le voile. Aujourd'hui l'astronomie utilisant les rayons X et gamma est devenue un outil important dans l'étude de l'Univers. Elle a permis, par exemple, de confirmer l'existence de trous noirs en étudiant le rayonnement émis par la matière tombant sur ces objets célestes.

Pour détecter les rayons X, c'est EPIC

Le détecteur de rayons X EPIC (European Photon Imaging Camera) est installé sur le satellite XMM-Newton de l'Agence spatiale européenne. Il comprend 3 caméras à rayons X.
A ce jour, EPIC est le détecteur de rayons X le plus sensible au monde. Il a, par exemple, permis à son "collaborateur" le télescope à photons d'énergie faible (AXIS) de la même mission de détecter, sur la surface d'une étoile à neutrons du nom de Geminga, située à 300 années-lumière de la Terre,



Il s'agit d'un objet
très énergétique
qui émet des
rayons X et gamma.
C'est un objet
très rare et très
difficile à détecter.
C'est pourquoi
on utilise des
satellites pour
l'étudier.



En savoir plus
sur le satellite XMM-
Newton à l'adresse :
www.esa.int

"Est-ce que
l'espace est
vraiment si cher
et si difficile
à atteindre
par les cosmo-
logues ?"
Une question
très intéressante
pour l'Agence
spatiale
européenne.



Le rayonnement gamma
est produit par les
transformations
des noyaux atomiques instables
ou par les impacts.

de 0,01 nm à 0,0001 nm

RAYONS GAMMA



Les phénomènes les plus énergétiques de l'Univers

Sur le spectre électromagnétique, les rayons gamma correspondent aux ondes qui transportent le plus d'énergie. L'astronomie utilisant ce type de rayons permet de mieux comprendre les processus violents de l'Univers comme les sursauts gamma, des bouffées de photons gamma probablement liés aux phases ultimes de l'évolution des étoiles massives. L'étude des rayons gamma émis par les supernovae ou les trous noirs renseigne les scientifiques sur la formation et l'évolution de l'Univers. Depuis son lancement en octobre 2002, le satellite *Integral* participe à l'observation de ces phénomènes.

La technique du masque codé

Le rayonnement gamma est si énergétique qu'il ne peut être focalisé par des lentilles de verre comme c'est le cas pour les rayons lumineux dans une lunette astronomique ou un télescope travaillant dans le visible. Pour détecter ces rayons, les astronomes ont eu recours à la technique du masque codé. Elle consiste à remplacer les lentilles ou les miroirs par un masque percé de multiples ouvertures. L'ombre projetée de ce masque sur un détecteur de rayons gamma, perçus grâce à un traitement informatique, reconstitue la source du rayonnement, comme l'ombre d'un objet permet de déterminer la position du Soleil dans le ciel.



"Un réacteur nucléaire
émetteur
de rayons gamma."



Promenade spatiale

au fil des ondes

Cette promenade spatiale au fil des ondes a été organisée par le Centre National d'Études Spatiales

> Le CNES est l'établissement public chargé du développement et de la conduite des programmes spatiaux français. Il a pour mission de garantir la maîtrise de l'accès à l'espace et de son utilisation pour tous les besoins nationaux ou européens. Agence spatiale et centre technique de développement, le CNES dispose d'une compétence technique de bout en bout dans la conception et la mise en œuvre des systèmes spatiaux.

> L'action du CNES se structure autour de cinq grands domaines :

- Transport spatial,
- Développement durable,
- Sécurité défense,
- Applications grand public,
- Science et innovation.

> Le CNES dispose de quatre établissements (Paris, Evry, Toulouse et Kourou).

Il s'appuie sur des laboratoires de recherche et des industriels performants.

Ses activités s'inscrivent dans une dynamique nationale, en collaboration avec l'ESA, l'Union Européenne ou encore en coopération internationale.

> A travers ses programmes et par sa capacité d'innovation et d'anticipation, le CNES contribue au progrès des connaissances et à l'émergence de nouvelles applications au bénéfice de tous.

Nos remerciements au CNRS pour sa contribution

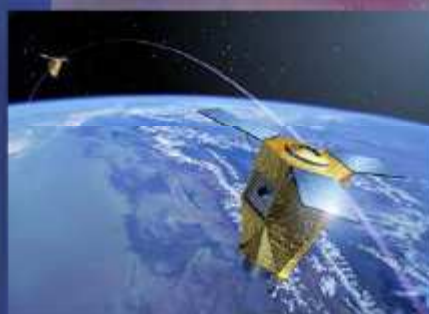


Les programmes spatiaux cités sont :
CNES, ESA, SNSB et NASA.



De l'espace pour la Terre

www.cnes.fr



Création graphique : Pierre Goussier, Denis Poinet, conception graphique
Olivier Hély, Isabelle Joly
Copies : Olivier Hély, Denis Poinet, Université de Caen
2003-2004 : CNES, ESA, SNSB, JPL/University of Arizona
2005-2006 : CNES, ESA, SNSB, NASA, ESA, CNES
2007-2008 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES
2009-2010 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES
2011-2012 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES
2013-2014 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES
2015-2016 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES
2017-2018 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES
2019-2020 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES
2021-2022 : CNES, ESA, SNSB, ESA, CNES

© CNES 2022 - Tous droits réservés.