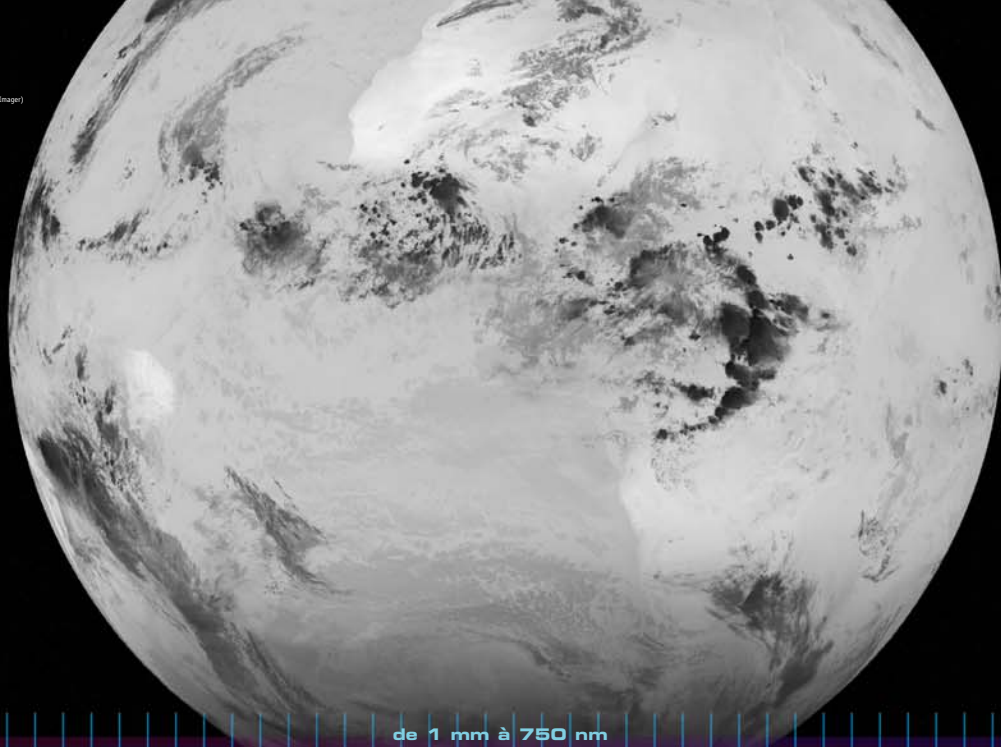


La Terre en infrarouge  
vue par le capteur SEVIRI  
(Spinning Enhanced Visible & InfraRed Imager)  
du satellite Meteosat-1.

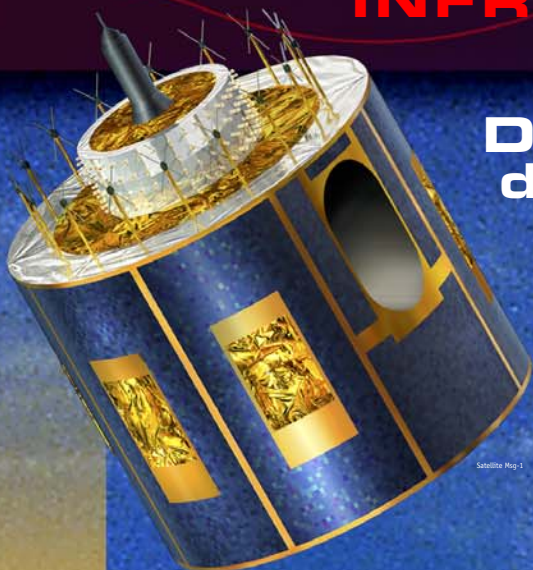


de 1 mm à 750 nm

# INFRAROUGE

## 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  $\mu\text{m}$ . 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.



Satellite Meteosat-1

### Le capteur SEVIRI

Le satellite Meteosat-1 est équipé d'un capteur SEVIRI (Spinning Enhanced Visible & InfraRed Imager). Avec ses 12 canaux, ce capteur peut prendre simultanément 12 clichés de la Terre dans des longueurs d'onde différentes. 3 canaux permettent d'observer la Terre dans le visible et 9 dans le domaine de l'infrarouge (notamment l'infrarouge thermique).

Afin de se stabiliser, le satellite en orbite géostationnaire tourne sur lui-même. En un tour, son capteur balaye d'ouest en est une étroite bande de la surface du globe. Au tour suivant, il se décale légèrement vers le nord. Ainsi en quelque 1 250 révolutions, effectuées en moins de 15 minutes, le capteur reconstitue une image complète de la moitié de globe qu'il observe.



Il est important d'avoir un suivi des sécheresses...



... et de pouvoir détecter très tôt l'ampleur des tempêtes et des ouragans.

Des données météorologiques précises sont indispensables en agriculture.

"Les systèmes de vision nocturne repèrent les émissions d'infrarouges thermiques."



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.



Satellite Spot 5

### Spot 5 et ses instruments

L'instrument HRV (Haute Résolution Visuelle) embarqué à bord du satellite Spot 5, est composé de deux caméras capables d'acquies quasi-simultanément des images sous des angles de vue différents. Elles peuvent ainsi restituer le relief, de la même façon que nous voyons en 3 dimensions grâce à nos deux yeux. Le satellite est également équipé de deux télescopes HRG (Haute Résolution Géométrique) offrant une résolution de 2,5 à 5 m pour les images en noir et blanc et de 10 m pour les images en couleur. Enfin l'instrument Végétation de Spot 5 est composé de 4 caméras qui regardent avec une résolution d'environ 1 km, dans 4 bandes du spectre à bleu (longueur d'onde : 0,43 à 0,47  $\mu\text{m}$ ), 1 rouge (longueur d'onde : 0,63 à 0,68  $\mu\text{m}$ ) et 2 infrarouges (longueurs d'onde : 0,78 à 0,89  $\mu\text{m}$  et 1,58 à 1,75  $\mu\text{m}$ ). Cet instrument est destiné à l'étude des interactions entre la végétation, le climat et la quantité de gaz carbonique présent dans l'atmosphère.



"Les lentilles  
d'une longue vue  
agrandissent l'image  
en déviant les  
rayons lumineux."



Des champs cultivés dans la région du Caire en Egypte vus par le satellite Spot 5.



Iguazu à la frontière du Brésil  
et de l'Argentine vu par le satellite 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.

"Les pages d'un livre  
réfléchissent vers les yeux  
du lecteur des ondes  
électromagnétiques  
appartenant au visible."

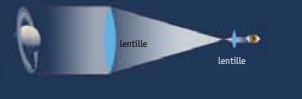


La nébuleuse de la Tarantule  
vue par le télescope Hubble

### Lunette ou télescope, quelle différence ?

Lunettes astronomiques et télescopes se comportent un peu comme des entonnoirs à lumière. Ils concentrent les rayons lumineux provenant d'un objet lointain, en un point appelé foyer. A cet endroit se forme une minuscule 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 ce sont des miroirs qui remplissent ce rôle dans les télescopes. Les miroirs déforment moins les images que les lentilles, ils peuvent atteindre des diamètres plus importants et ainsi capter davantage de rayons lumineux. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'acuité et la précision des télescopes sont meilleures que celles des lunettes astronomiques, pour l'observation du ciel profond.

#### Lunette astronomique



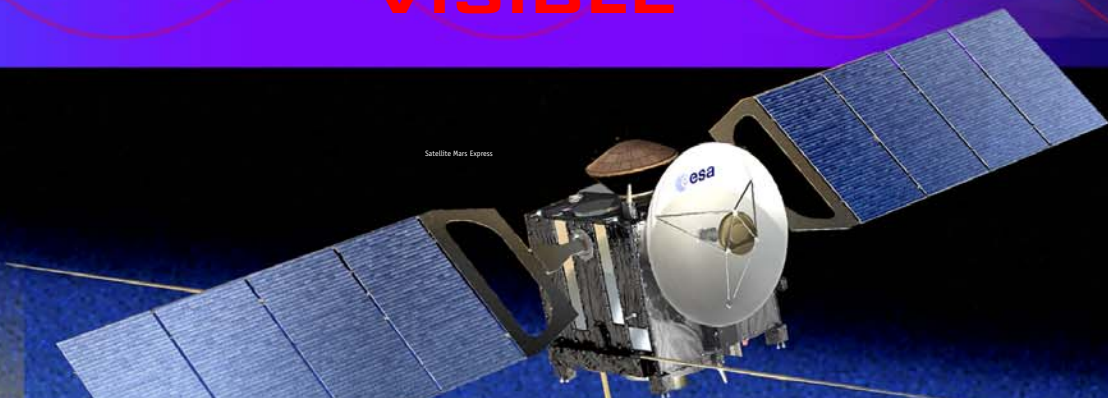
#### Télescope



Voilà, maintenant  
sur la planète Mars  
vu par l'instrument HRSC  
(High Resolution Stereo Camera)  
de la sonde Mars Express.

de 750 nm à 400 nm

# VISIBLE

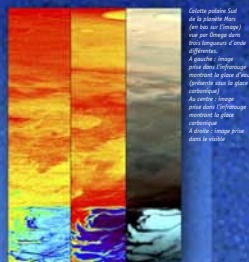


Satellite Mars Express

## 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.

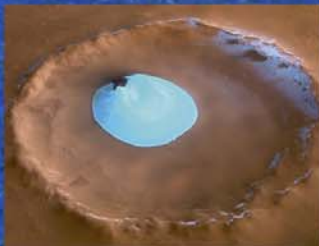
"Qu'il soit numérique ou argentique un appareil photo a besoin de lumière pour capturer les images."



Calotte polaire Sud de la planète Mars (en bas sur l'image) vue par Omega dans deux longueurs d'onde différentes. À gauche : image prise dans l'infrarouge montrant la glace d'eau (apparaît dans la zone verte/bleue) ; à droite : image prise dans l'optique montrant la glace carbonique (à droite : image prise dans le visible).

### Omega sur Mars Express

Omega est l'un des deux instruments français embarqués à bord de la sonde Mars Express. Il cartographie la surface de la planète rouge au moyen de 352 canaux spectraux couvrant le domaine visible et une partie de l'infrarouge (longueurs d'onde : 0,35 à 5,2  $\mu\text{m}$ ). Dans cette région du spectre, la plupart des solides et des gaz émettent des ondes électromagnétiques qui leur sont spécifiques. On parle de "signature". En analysant ces ondes, Omega peut déterminer avec une résolution de quelques centaines de mètres, la composition minéralogique de la surface. L'instrument étant capable de détecter la glace d'eau, la vapeur d'eau et l'eau piégée dans les roches, il devrait permettre d'évaluer le volume global de l'eau disponible sur Mars actuellement.



Lac d'eau gelée au centre d'un cratère martien vu par l'instrument HRSC (High Resolution Stereo Camera) de la sonde Mars Express.



Le canyon Hellas vu sur la planète Mars vu par l'instrument HRSC (High Resolution Stereo Camera) de la sonde Mars Express.

de 400 nm à 10 nm

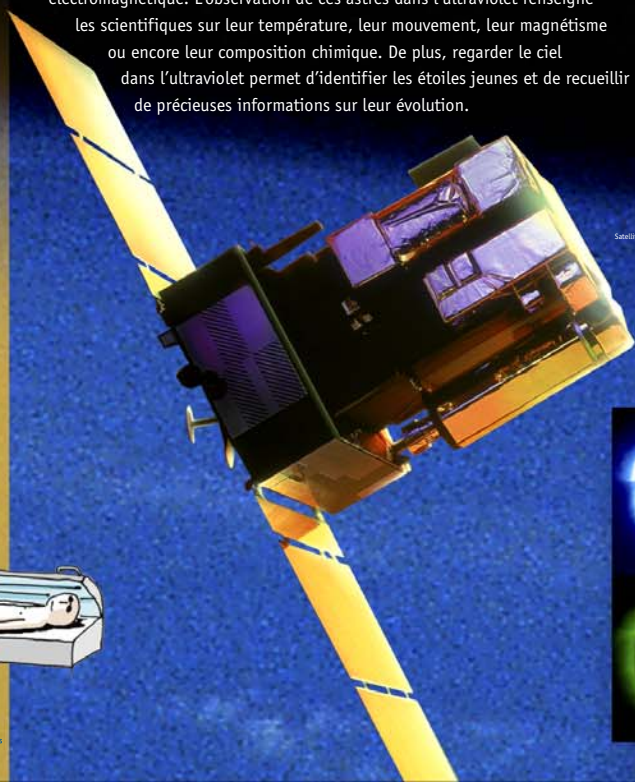
## ULTRAVIOLET

# 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

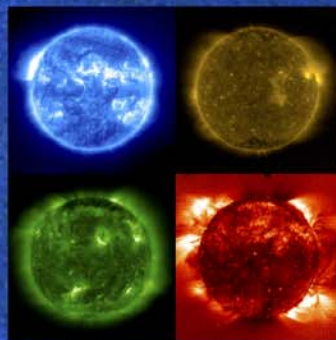
Lancé en 1996, le satellite européen Soho permet de disposer d'une vue ininterrompue et complète du Soleil. Autrement dit, pour cet observatoire spatial, il fait jour en permanence. Soho est situé entre la Terre et le Soleil, à 1 million et demi de kilomètres de la planète bleue, au voisinage de l'un des cinq "points de Lagrange". Ces points, déterminés au XVIII<sup>e</sup> 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 relativement fixe par rapport aux deux astres. Ceci en fait un lieu d'observation idéal.



Satellite Soho

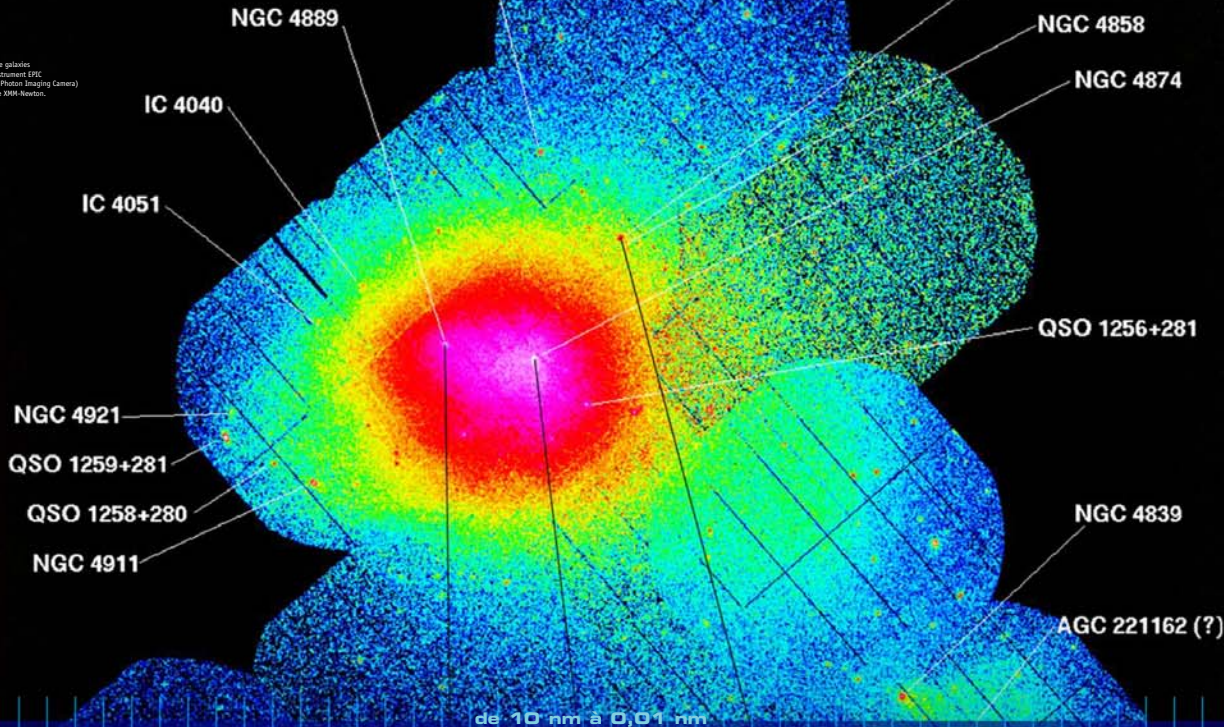


"Pour faire  
brûler la peau,  
les lampes à bronzer  
émettent des rayons  
ultraviolets."



Le Soleil vu par l'instrument EIT  
(Extreme Ultraviolet Imaging Telescope)  
du satellite Soho.  
Les images ont été prises dans 4 longueurs  
d'onde différentes appartenant à l'ultraviolet.

Un amas de galaxies vu par l'instrument EPIC (European Photon Imaging Camera) du satellite XMM-Newton.



# RAYONS X

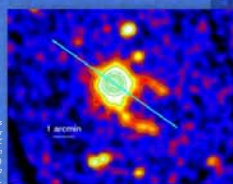


## Ce que l'atmosphère nous cache...

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 la 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.

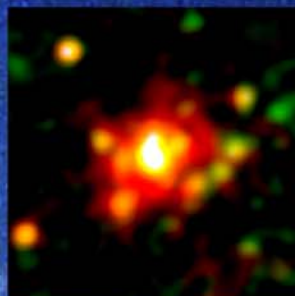
### Pour détecter les rayons X, c'est EPIC

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 des scientifiques\* de découvrir la présence d'une tache chaude de la taille d'un terrain de football sur la surface d'une étoile à neutrons du nom de Geminga, située à 500 années-lumière de la Terre.



L'étoile à neutrons geminga vue par l'instrument EPIC (European Photon Imaging Camera) du satellite XMM-Newton.

\* Ce résultat a été obtenu par les équipes de l'Institut d'Astrophysique spatiale de CNRS (Centre National de la Recherche) de Meudon et du Centre d'Etudes Spatiales des Propriétés (CESP) - Université Paris Saclay en collaboration.



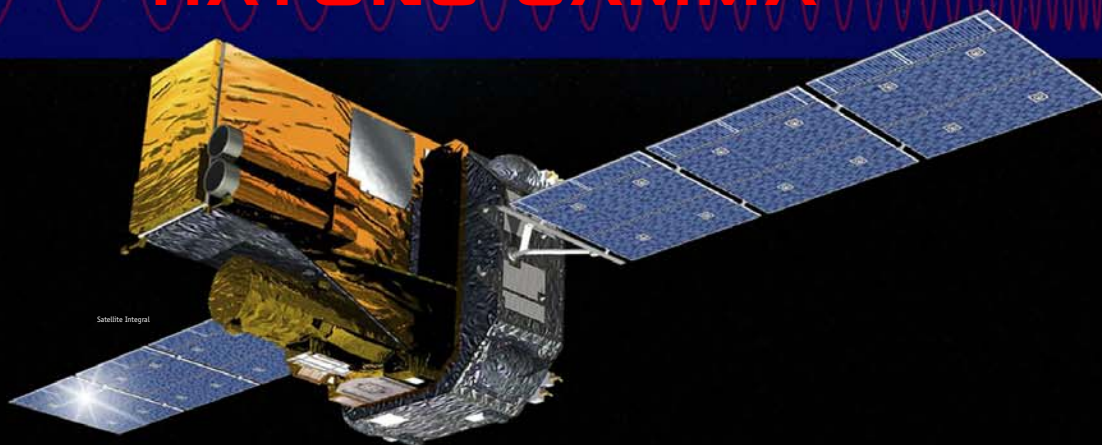
La galaxie M100 vue par l'instrument EPIC (European Photon Imaging Camera) du satellite XMM-Newton.

"Les rayons X traversent la chair et sont arrêtés par les os, une propriété utilisée pour l'imagerie médicale."



de 0,01 nm à 0,0001 nm

# RAYONS GAMMA

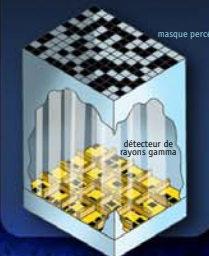


## Les phénomènes les plus énergétiques de l'Univers

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 *Intégral* 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 ou des miroirs 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 scientifiques ont mis au point la technique du masque codé. Elle consiste à remplacer les miroirs ou les lentilles par un masque percé de multiples ouvertures. L'ombre projetée de ce masque sur un détecteur de rayons gamma, permet, grâce à un traitement informatique, de localiser la source du rayonnement, comme l'ombre d'un objet permet de déterminer la position du Soleil dans le ciel.



"Les réactions  
nucléaires  
émettent  
des 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](http://www.cnes.fr)

Conception éditoriale, Jeremy Quereinet, Daniel Fievet, conception graphique  
Olivis Vijoux, réalisation, Ziggag  
Cédric photos : CNES, ESA, NASA, JPL/University of Arizona,  
XMM/Newton/EPIC, CNES, DLR, SPOT IMAGE, Météo France, ESA-CNES-ARL-  
NESPAC/Service Optique Vidéo CSO, SNEIMA, Motor, LEPI, Brest, CESR,  
ESA/EST, AUREKA, Stéphane Gouge, Jean-Pierre Heugnot, Stéphane Lavin,  
Bernard Maybon.  
Illustrations : Quentin Vijoux, David Ducros, Pierre Cartil, A. Szemes, Jacky  
Haart.

© CNES 10/10/2005 - Tous droits réservés.