



De l'Es**pace** pour la **Terre**

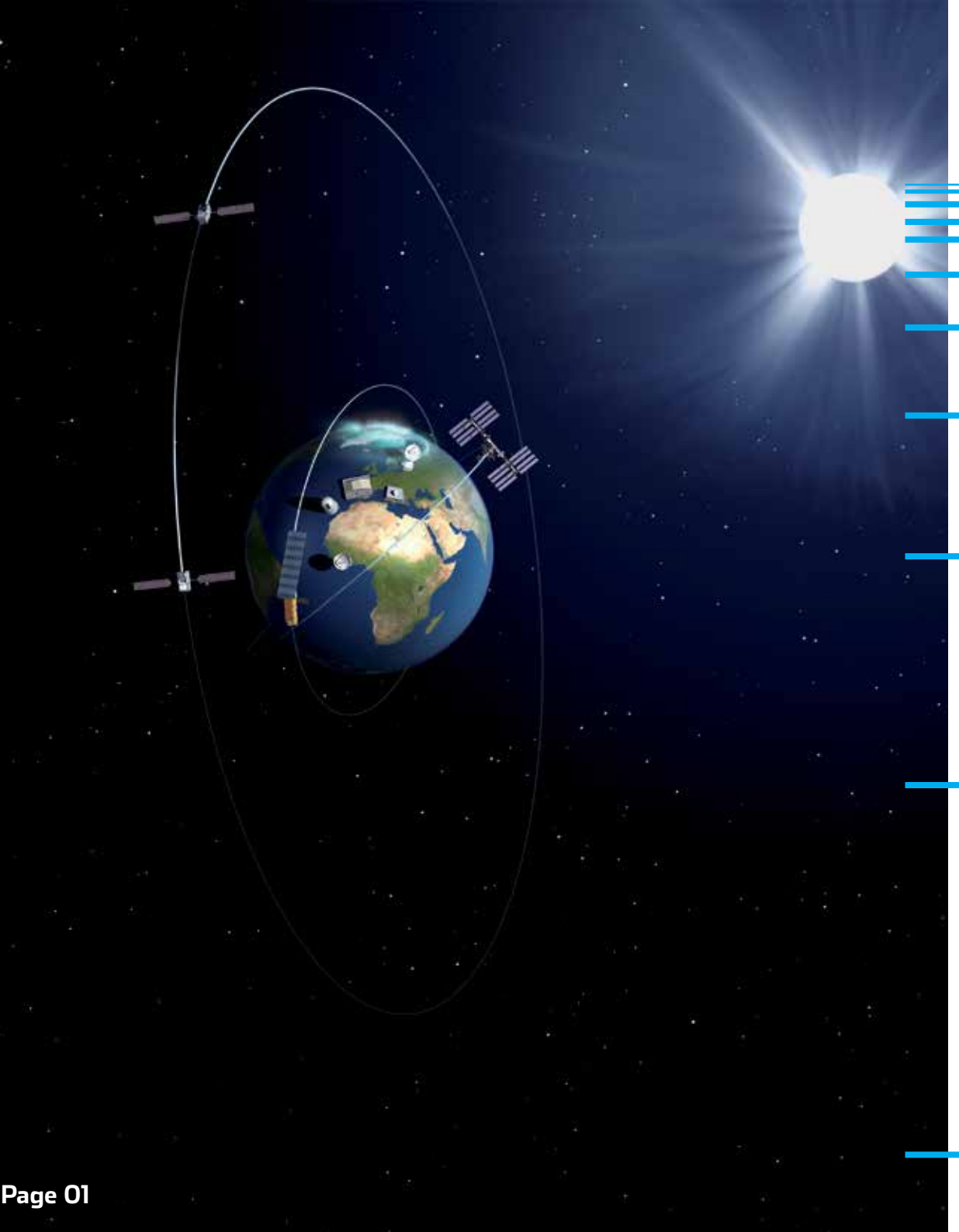
# QUESTION D'ESPACE

## GUIDE DE L'ANIMATEUR

Guide de l'animation de l'exposition QUESTION D'ESPACE à l'initiative du CNES  
Co-réalisée par CENTRE•SCIENCES, CCSTI de la région Centre-Val de Loire et SCIENCE ANIMATION, CCSTI de Midi-Pyrénées



## Sommaire du livret QUESTION D'ESPACE

- 
- P01 Sommaire
- P02 Introduction
- P03 Contenu de l'exposition
- Chapitre 1 - Quitter la Terre*
- P06 *Chapitre 2 - Espace et environnement*
- P08 *Chapitre 3 - Espace et société*
- P10 *Chapitre 4 - Exploration spatiale*
- P12 Ateliers d'expérimentation
- P13 *Atmosphère, atmosphère...*
- P14 *Action...Réaction !*
- P15 *Flotter dans l'espace*
- P16 *Mise sur orbite !*
- P17 *L'albédo*
- P18 *Infrarouge et effet de serre*
- P19 *Images satellitaires*
- P20 *Voir le relief*
- P21 *À bonne distance !*
- P22 *Le Bill' Radar*
- P23 *L'orbitogramme*
- P24 *De l'énergie dans l'espace ?*
- P25 Ressources web et vidéo
- P26 Une sélection de liens vidéo à flasher !
- P27 La Terre vue de l'espace, en quelques images
- P28 Remerciements





**Ce livret accompagne l'exposition QUESTION D'ESPACE réalisée par le service Jeunesse et Acteurs de l'Éducation du CNES en collaboration avec Centre•Sciences, CCSTI de la région Centre-Val de Loire et Science Animation, CCSTI de Midi-Pyrénées.**

**Cette exposition mise à votre disposition par Centre•Sciences avec une douzaine d'expériences interactives est aussi disponible auprès du CNES, en prêt ou en version imprimable pour les partenaires culturels et les acteurs de l'éducation.**

**Ce livret est destiné à l'animation de l'exposition interactive. Il propose en outre de développer des ateliers sur les notions abordées : Comment quitter la Terre ? Quel est l'apport du spatial à la connaissance et à la gestion de notre environnement ? Dans notre quotidien, quelle place ont les satellites au coeur de nos sociétés ? Face à notre curiosité, jusqu'où les satellites et sondes spatiales nous permettent d'explorer l'Univers ?**

**Ces éléments sont mis à votre disposition, pour le développement de la culture spatiale. Le CNES et les personnes ayant contribué à cette exposition et ce livret ne peuvent être tenus pour responsables de l'usage qui serait fait de leurs contenus sans leur accord.**

*Pour toute remarque, merci de bien vouloir contacter [contact@centre-sciences.fr](mailto:contact@centre-sciences.fr)*



## P01 - Question d'espace [Introduction]

« Notre planète est le berceau de la raison, mais est impossible de vivre éternellement dans un berceau. »

Konstantin E. TSIOLKOVSKI (1857-1935).  
Professeur de mathématiques russe, précurseur et théoricien de l'aéronautique.

Quelques repères chronologiques et exploits spatiaux :

- 1957 - URSS : SPOUTNIK 1, 1<sup>er</sup> satellite
- 1959 - URSS : LUNA 3, 1<sup>ère</sup> photo de la face cachée de la Lune
- 1961 - URSS : Youri GAGARINE, 1<sup>er</sup> homme dans l'espace
- 1961 - FRANCE : Création du CNES, agence spatiale française
- 1965 - FRANCE : 1<sup>er</sup> satellite français (dénommé ASTERIX) lancé par DIAMANT A
- 1969 - USA : Neil ARMSTRONG marche sur la Lune (mission APOLLO 11)
- 1975 - USA : Lancement de VIKING 1, 1<sup>ères</sup> images du sol martien
- 1979 - EUROPE : 1<sup>er</sup> lancement d'ARIANE 1
- 1982 - FRANCE : Jean-Loup CHRETIEN, 1<sup>er</sup> français dans l'espace
- 1986 - FRANCE : lancement de SPOT 1, 1<sup>er</sup> satellite français d'observation de la Terre
- 1990 - USA : HUBBLE, 1<sup>er</sup> télescope spatial lancé, puis maintenu grâce à la navette
- 1998 - MONDE : Lancement du 1<sup>er</sup> module de l'ISS, la Station Spatiale Internationale
- 1999 - EUROPE : 1<sup>er</sup> vol commercial d'ARIANE 5
- 2002 - USA : la sonde VOYAGER 1, lancée en 1977 est le 1<sup>er</sup> objet à quitter le système solaire
- 2003 - CHINE : 1<sup>er</sup> vol habité de la Chine
- 2006 - FRANCE : 1<sup>ère</sup> observation par le télescope spatial COROT de planètes extrasolaires
- 2011 - CHINE : Lancement du 1<sup>er</sup> module spatial chinois
- 2030 : Encore plus d'espace dans ta vie ?

### Commentaire pour l'animateur :

En 1957, la chienne russe LAIKA est le 1<sup>er</sup> être vivant dans l'espace. La première station spatiale habitée est mise en orbite en 1974 ; c'est SALIOUT 1 (URSS). Le télescope spatial HUBBLE, mis en orbite en 1990 a été maintenu en usage, réparé et amélioré régulièrement depuis grâce aux missions de la navette spatiale, jusqu'en 2005. Il est encore en service actuellement. En fin d'année 2011, le CNES fêtait ses 50 ans... il a été créé le 19 décembre 1961.

## P02 - Où commence l'espace ? [Quitter la Terre]

**L'espace ne commence nulle part !** Aucune frontière physique ne sépare l'atmosphère terrestre de l'espace. Par convention, les scientifiques considèrent qu'au-delà de 100 km, on se trouve dans l'espace. Dans l'espace, il n'y a plus d'air, plus de bruit, plus d'odeur... faute d'atmosphère dense. La température d'un objet peut être très élevée ou très basse selon son exposition au Soleil.

*En savoir + : L'espace est-il vide ? Non ! Entre les étoiles, les planètes et autres objets célestes, l'environnement spatial est traversé par des grains de poussières, de la lumière et des voyageurs invisibles : les molécules, les particules chargées et les rayonnements électromagnétiques.*



### 99,9% des gaz se trouvent dans les premiers 50km de l'atmosphère.

#### Commentaire pour l'animateur :

100 km, c'est la limite conventionnelle de l'espace.

Site Web :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/401-un-horizon-indefini.php>

#### Distance vers l'espace :

- 0 km
- 8 km - Mont Everest, TROPOSPHÈRE
- 11 km - Avion, STRATOSPHERE
- 50 km - Ballon stratosphérique, MÉSOsphÈRE
- 80 km - Étoiles filantes, THERMOSPHERE
- 100 km - Limite conventionnelle de l'espace
- 800 km - SPOT5, EXOSPHERE
- 36 000 km - Orbite géostationnaire
- 380 000 km - Lune
- 150 000 000 km - Soleil
- 40 000 000 000 000 km - Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du Soleil à 4 années-lumière.



## P03 - Flotte-t-on dans l'espace ? [Quitter la Terre]

### La gravité...

La Terre comme tous les objets, exerce une force d'attraction : c'est la force de gravité qui diminue avec la distance. À 400 km, elle n'a diminué que de 10%. Si l'espace n'est pas loin, le défi pour y accéder est de s'arracher à l'attraction terrestre en gagnant de la vitesse.

### ...et l'état d'impesanteur

Dans l'espace, que ressent-on ? En état d'impesanteur, on ne perçoit plus son poids. Mais si l'astronaute a l'impression de flotter, sans la résistance du milieu, il est pourtant toujours soumis à la force de gravité de la Terre !

*En savoir + : Le satellite Microscope permettra de mieux comprendre la force de gravité.*



*Graphique légendé : sur la Lune, avec une gravité 6 fois plus faible que sur Terre, ton poids est divisé par 6, mais ta masse reste la même !*

### Commentaire pour l'animateur :

MICROSCOPE permettra de mieux comprendre un phénomène physique encore mal expliqué : la gravité. Ses instruments embarqués mesurent la différence d'accélération entre deux objets avec une précision encore inégalée sur Terre.

Site Web : <http://microscope.onera.fr/>

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/2841-microscope.php>





## P04 - Comment décolle une fusée ? [Quitter la Terre]

### Le principe d'action-réaction

**ACTION!** Le moteur-fusée éjecte une masse de gaz très importante et à très grande vitesse : plus de 4 200 m/s pour le moteur Vulcain 2 d'Ariane.

**REACTION !** La fusée est propulsée en avant. Sa vitesse augmente rapidement sous la poussée des moteurs.

Le moteur-fusée

Il combine deux ergols liquides : le carburant et le comburant pour produire des gaz d'éjection à une température proche de 3 500°C. Il peut donc fonctionner dans le vide.

En savoir + : Formule de la poussée

$$F = Q \times V_e$$

réponse :  $4200 \text{ m/s} \times 320 \text{ kg/s} = 14\,400 \text{ N}$

*F* : Poussée en Newton  
*Q* : Débit de masse de gaz éjectée (kg/s)  
*V<sub>e</sub>* : Vitesse d'éjection des gaz (m/s).



### Commentaire pour l'animateur :

(cf dalle de sol) Les lanceurs polluent-ils ? Toute activité humaine produit des déchets. Les lanceurs n'échappent pas à cette règle même si la quantité de produits émis est très limitée compte tenu des règles de sauvegarde qui protègent les personnes et les milieux environnants.



## P05 - Tourner autour de la Terre ? [Quitter la Terre]

### La satellisation

Quand on lâche un objet, il tombe sur le sol, attirée par la Terre (loi de la gravitation). Plus on lance fort cet objet, plus il va loin. Il faudrait lancer fort cet objet à un peu plus de 28 000 km/h pour qu'il puisse être satellisé autour de la Terre ! Soit près de 90 fois la vitesse du TGV !

Si la vitesse est inférieure à 28 000 km/h, l'objet retombe sur la Terre. À partir de 28 000 km/h, sa trajectoire ne rencontre plus la Terre : il est satellisé. Au-dessus de 40 000 km/h, il quitte l'orbite terrestre.

En savoir + : Les orbites

Chaque satellite suit une trajectoire précise, son orbite. Parmi les paramètres la caractérisant, on peut citer : le périégée, point le plus proche, l'apogée, point le plus éloigné et l'inclinaison par rapport au plan de l'équateur.

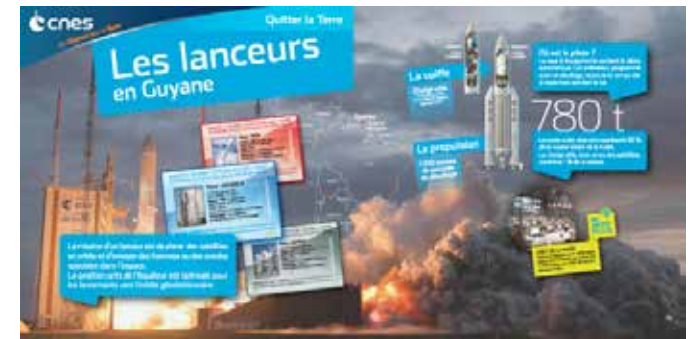


### Commentaire pour l'animateur :

Quelle est la vitesse à ne pas dépasser pour être en orbite autour de la Terre ? 11,2 km/s, c'est la vitesse de libération et le satellite échappe à l'attraction terrestre, mais il peut ainsi explorer le système solaire...

28000km/h équivaut à 7,8 km/s et 40000km/h équivaut à 11,2km/s

Site Web : <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/420-un-panorama-exceptionnel.php>



## P06 - Les lanceurs en Guyane [Quitter la Terre]

La mission d'un lanceur est de placer des satellites en orbite et d'envoyer des hommes ou des sondes dans l'espace. La position près de l'équateur est optimale pour les lancements vers l'orbite géostationnaire.

### Où est le pilote ?

La case à équipements contient le pilote automatique. Cet ordinateur, programmé avant le décollage, recalcule en temps réel la trajectoire pendant le vol. Le contenu des réservoirs représente 90% de la masse totale de la fusée. La charge utile, avec un ou des satellites, constitue 1% de la masse.

En savoir + : Coût de la fusée

Mettre un kilogramme en orbite basse coûte 8 000 € environ avec Ariane 5 et 14 000 € pour une orbite de transfert géostationnaire.



### Commentaire pour l'animateur :

Trouvez des éléments de comparaison pour la poussée : Diamant A, 27 tonnes de poussée qui a satellisé Astérix A-1 de 42 kg [orbite basse] en 1965  
 Airbus A380, 120 tonnes de poussée (4 moteurs)  
 Navette spatiale, 3 500 tonnes de poussée pour 29 tonnes en orbite basse  
 Saturn 5 [lanceur des missions Apollo sur la Lune] 3 500 tonnes de poussée pour l'équivalent de 140 tonnes (étage supérieure d'une Apollo 15 comme équivalences à la masse orbitale)

Carte d'identité des lanceurs à Kourou

- Véga : masse 136 tonnes [lanceur léger] aussi lourde que 5 camions  
 taille : 30 mètres, aussi haute qu'un immeuble de 8 étages  
 nationalité européenne [lancée de la base de Kourou en Guyane française]
- Ariane 5 : en service depuis 1999, après mes sœurs Ariane 1, 2, 3 et 4.  
 masse : 780 tonnes [lanceur lourd] soit la masse de 20 camions.  
 taille : 50 mètres, aussi haute qu'un immeuble de 20 étages !  
 nationalité européenne [lancée de la base de Kourou en Guyane française]
- Soyouz : dérivé du lanceur de Spoutnik  
 masse : 308 tonnes [lanceur moyen] soit la masse de 12 camions  
 taille : 46 mètres, aussi haute qu'un immeuble de 18 étages !  
 nationalité : russe [lancée de la base de Kourou en Guyane française]

Graphique légendé - le lanceur Ariane 5

La coiffe : charge utile 21 tonnes en orbite basse et 9 tonnes en orbite de transfert géostationnaire. La propulsion : 1370 tonnes de poussée au décollage



## P07 - En route pour l'espace ! [Quitter la Terre]

### Les phases d'un lancement

Au fur et à mesure de son vol, la fusée s'allège pour améliorer ses performances : elle largue les éléments devenus inutiles. Seuls les satellites resteront en orbite avec le dernier étage de la fusée. Un lanceur ne sert qu'une fois !

**Démarrage !** Le moteur de l'étage principal s'allume. Puis, les propulseurs à poudre se déclenchent : Ariane 5 décolle.

**2 min / 60 km / 7 000 km/h** : La fusée largue ses deux propulseurs à poudre.

**3 min / 100 km / 8 000 km/h** : La coiffe est larguée car le satellite n'a plus besoin de protection.

**9 min / 150 km / 28 000 km/h** : L'étage principal cryotechnique est largué. Le moteur de l'étage supérieur s'allume.

**25 min / 700 km / Près de 30 000 km/h** : Largage de l'étage supérieur au point d'injection puis orientation et séparation du satellite. C'est la fin de mission du lanceur.



*En savoir + : Un morceau de fusée peut-il nous tomber sur la tête ?*

*Les éléments largués en haute altitude brûlent dans l'atmosphère. La trajectoire des autres parties est calculée pour qu'elles retombent dans les océans ou en zones non habitées.*

### Commentaire pour l'animateur :

Les principales phases d'un lancement permettent de : Sortir de l'atmosphère / Accélérer jusqu'à la vitesse de satellisation et donner la bonne orientation au satellite.

Principales bases de lancement dans le monde ; l'emplacement proche de l'équateur est favorable au lancement d'un satellite en orbite géostationnaire.  
USA - Cap Canaveral , Vandenberg • EUROPE - Kourou • RUSSIE - Baïkonour (Kazakhstan), Plesetsk • JAPON - Tanegashima • CHINE - Jiuquan • INDE -



## P08 - Un satellite comment ça marche ? [Quitter la Terre]

Un satellite embarque tous les éléments nécessaires pour mener à bien sa mission, mais il n'est pas livré à lui-même. Il reste en interaction continue avec les stations terrestres, un segment sol indispensable au bon fonctionnement du satellite. La mission détermine l'orbite sur laquelle il défile.

### Graphique légendé - Description du Satellite

La Charge utile

- Instrumentation
- Chaîne de traitement de données

La Plateforme :

- Structure Alimentation électrique (panneaux solaires...)
- Système thermique (revêtements isolants, radiateurs...)
- Système de contrôle d'orbite et d'attitude
- Calculateur de bord
- Système de communication bord-sol

*En savoir + :  
Un satellite, c'est 10 ans de conception,  
1h de mise en orbite, 5 à 15 ans d'exploitation !*



### Commentaire pour l'animateur :

On estime à 800 le nombre de satellites actifs

Site Web : <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/443-comment-a-marche-un-satellite-.php>  
<http://debris-spatiaux.cnes.fr/>

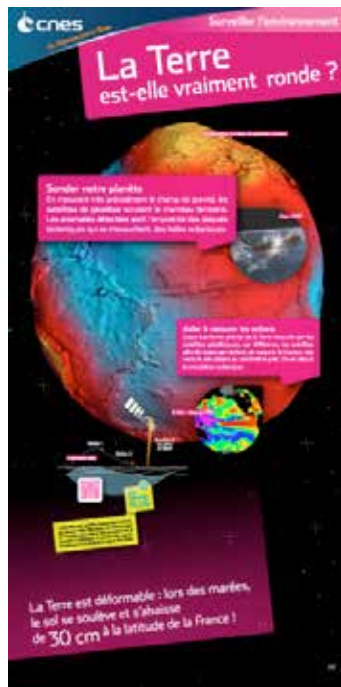


Quitter la Terre





Surveiller l'environnement



## P09 - La Terre est-elle vraiment ronde ?

[Surveiller l'environnement]

### Sonder notre planète

En mesurant très précisément au champ de gravité, les satellites de géodésie scrutent le manteau terrestre. Les anomalies détectées sont l'empreinte des plaques tectoniques qui se chevauchent, des failles océaniques.

### Aider à mesurer les océans

Grâce à la forme précise de la Terre mesurée par les satellites géodésiques, par différence, les satellites altimétriques permettent de mesurer la hauteur des mers et des océans au centimètre près. On en déduit la circulation océanique.

*En savoir + : L'altimétrie par satellite mesure des hauteurs par faisceau radar. Elle dresse une carte en relief de la surface des océans. Elle renseigne sur la circulation océanique, la hauteur des vagues, l'amplitude de la houle et la vitesse des vents.*



La terre est déformable : lors des marées, le sol se soulève et s'abaisse de 30cm à la latitude de la France !

**Commentaire pour l'animateur :** Les techniques spatiales en océanographie fournissent une observation globale des océans, complétée par les mesures *in situ* qui apportent une information de la surface jusqu'aux profondeurs. Grâce à l'altimétrie radar, la hauteur des mers et les moindres variations des océans sont mesurées au centimètre près. Les subtiles variations de gravité mesurées par Goce révèlent aussi les masses d'eau souterraines voire la fonte des glaces continentales.



## P10 - Changer notre regard sur la Terre ?

[Surveiller l'environnement]

### Des sentinelles depuis le ciel

Les satellites scrutent en permanence la planète et nous font prendre conscience des ressources limitées de la planète et de la nécessité de préserver notre environnement. Ils couvrent l'ensemble du globe et montrent des tendances à long terme grâce à la répétitivité des observations.

### Dans toutes les longueurs d'ondes

Observées par des capteurs dans le domaine visible, ultraviolet et infrarouge ou par des radars, les évolutions de l'environnement se révèlent : changements climatiques, diminution des ressources naturelles, fonte des glaces, variation du niveau des océans, perte de biodiversité...

*En savoir + : Les satellites Spot, Jason ou météo... veillent sur la Terre, la mer et l'atmosphère. La précision des données permet d'éclairer les négociations sur l'environnement, d'en contrôler les objectifs voire de comprendre les interactions entre l'atmosphère, les océans et la biosphère.*



Chaque seconde, l'équivalent en forêt d'un demi-terrain de football disparaît.

**Commentaire pour l'animateur :** « orbite héliosynchrone » un satellite héliosynchrone passe toujours à la même heure solaire au-dessus d'un même point. Le plan de l'orbite conserve toujours la même orientation par rapport au Soleil. Cette orbite est d'un grand intérêt pour l'observation de la Terre : elle permet d'observer une même région dans des conditions d'éclaircissement similaires à chaque passage.





## P11 - Mieux gérer nos ressources ? [Surveiller l'environnement]

### Sur Terre...

Avec les données des satellites, l'agriculteur connaît point par point l'état des parcelles cultivées, la qualité des sols, les besoins en eau... et peut ajuster l'utilisation des engrais ou pesticides pour une agriculture raisonnée.

### ...comme en mer

L'analyse des données (couleur de l'eau, salinité et température de surface, courants...) collectées par les satellites NOAA et Jason notamment, contribue à la connaissance des océans. Ressources halieutiques et activités de pêche sont surveillées avec précision.

*En savoir + : Smos mesure l'humidité des sols et de la végétation. Il évalue également la salinité des océans.*



Plus de 10 millions d'images Spot en archives

### Commentaire pour l'animateur :

Sur Terre... Avec des images toujours plus fines, les satellites d'observation de la Terre comme Pléiades renseignent l'utilisateur à une échelle inférieure au mètre. Comme en mer... Près de 20 000 balises sont utilisées à travers le monde pour la localisation et la collecte de données ! Le système Argos permet notamment de suivre les bateaux de pêche et de vérifier le respect des quotas, voire de suivre les migrations des animaux marins.

Site Web :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/9246-gp-l-amelioration-du-positionnement-gps.php>



## P12 - Les satellites face aux catastrophes naturelles [Surveiller l'environnement]

### Ouvrir l'œil...

Lors de catastrophes naturelles, les satellites sont des vigies : cyclone, inondations, éruptions volcaniques peuvent mieux être observés. Mais les technologies spatiales pourraient contribuer à la prévention des risques humains.

### ...contribuer aux secours

La charte internationale « espace et catastrophes majeures » initiée par le CNES et signée par 14 agences spatiales, met la technologie spatiale au service des autorités de sécurité civile. En diffusant gratuitement les données satellites de la zone de crise, elle permet une meilleure efficacité dans l'organisation des secours.

*En savoir + : Emergesat, un outil de communication d'aide à la gestion de crise. Raz-de-marée, tremblements de terre, ouragans... après une catastrophe, le satellite reste souvent le seul lien fonctionnel quand les moyens de communication terrestre classiques sont inutilisables.*



### Commentaire pour l'animateur :

Les satellites météorologiques tels MetOp sondent l'atmosphère et mesurent un profil vertical des variations au degré près ! La précision de ces données permet d'affiner la compréhension des mécanismes climatiques à l'origine de risques naturels. Mais au-delà des événements météorologiques, les satellites pourront-ils un jour prévenir de l'imminence d'une éruption volcanique ou d'un tremblement de terre ? Les technologies spatiales comme la mission Déméter en testent la possibilité.

Site Web :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/319-demeter.php>  
<http://image-cnes.fr/1-loeil-du-satellite/prevision-des-inondations-avec-smos/>

## P13 - Dangers dans l'espace ? [Surveiller l'environnement]

### Quand le ciel nous tombe sur la tête

La disparition des dinosaures il y a 65 millions d'années serait associée à la chute d'un météore qui a formé un cratère de 180 km de diamètre en percutant la Terre à l'Est du Mexique. Comment détecter ces géocroiseurs comme l'astéroïde Apophis qui croisera l'orbite terrestre en 2036 ?

Pas moins de 15 000 objets de plus de 10 cm et de 300 000 objets compris entre 1 et 10 cm circulent actuellement autour de la Terre, essentiellement entre 700 et 1 000 km d'altitude. Ce sont principalement des restes de lanceurs ou de satellites hors services.

*En savoir + : Les débris, une préoccupation internationale ! Surveiller l'espace proche de la Terre, c'est aussi identifier les objets et débris spatiaux pour protéger les satellites d'éventuelles collisions. Pour cela, la France dispose du radar Graves, dont les données permettent de suivre les objets en orbite basse.*



### Commentaire pour l'animateur :

**géocroiseurs** : Chaque jour, des débris météoritiques percutent la Terre. Plusieurs dizaines de tonnes s'ajoutent ainsi à la masse terrestre ! Mais ce sont les plus massifs qui nous inquiètent. Le satellite Gaia pourrait permettre de détecter quelques 500 000 objets du système solaire.

**Pollution spatiale** : Plus de 15 000 débris et objets de plus de 10 cm en orbite terrestre ! En 1996, c'est un élément du lanceur Ariane qui endommagea le satellite Cerise : tout aussi menaçant du fait de leur vitesse, les débris de plus d'un centimètre doivent aussi être repérés.



Graphique légendé

Probabilité d'impact sur la Terre

Ils tombent sur Terre

(probabilité selon leur taille):

- Quelques cm \_\_\_\_\_ Tous les jours
- 50 000 débris météoritiques nous percutent chaque année
- 10 m \_\_\_\_\_ Tous les 10 ans
- 100 m \_\_\_\_\_ Tout les 1000 ans
- 1 km \_\_\_\_\_ Tous les 1 000 000 ans
- 10 km \_\_\_\_\_ Tous les 100 000 000 ans

sur une période de 100 millions d'années, ces derniers présentent un risque majeur d'extinction massive d'espèces.

Site Web : <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/4368-debris-spatiaux.php>





[Espace et société]



## P14 - Communication par satellite ? [Espace et société]

### Téléphone, Internet, TV...

Comme le câble et le réseau terrestre, le satellite est aujourd'hui complètement intégré dans les systèmes de télécommunication. Il assure seul la couverture des zones isolées, en mer comme sur terre, ou l'accès internet haut débit dans le TGV ou l'avion.

...Les satellites sont toujours plus performants. Aujourd'hui expérimentés pour augmenter les débits des villages isolés ou des plateformes innovantes, les usages futurs ouvrent à un accès très haut débit, mobile, en tout lieu, venant compléter avec compétitivité les réseaux au sol.



*En savoir + : un relais dans l'espace ! Le satellite de communication relaye, amplifie, voire adapte les signaux. Pour limiter la déperdition du signal, ses antennes pointent avec précision et émettent un faisceau fin d'ondes électromagnétiques sur des fréquences spécifiques élevées.*

en savoir PLUS

450 000 foyers isolés en France métropolitaine pourraient bénéficier du haut débit grâce aux liaisons satellitaires.

### Commentaire pour l'animateur :

**TV du futur ?** Si nos communications passent pour l'essentiel par réseau terrestre, la liaison satellite se développe en complément des réseaux terrestres pour couvrir les zones isolées. Elle est indispensable pour la retransmission d'émissions en direct ou la télévision par satellite. Les futurs satellites de télécommunication haut débit s'adressent aux particuliers isolés comme aux salles de cinéma numérique 3D. Plus d'un million de foyers méditerranéens et en Europe seraient éligibles au haut débit par satellite.

**Géostationnaire...** A 35 786 km d'altitude, le satellite tourne à la même vitesse que la Terre et fixe avec précision les antennes au sol. 3 satellites géostationnaires couvrent ainsi l'ensemble de la planète entre +/- 80° de latitude. Cette configuration est privilégiée pour les communications.

Site Web : <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/484-comment-a-marche-les-telecommunications-.php>



## P15 - Où suis-je, où vais-je ? [Espace et société]

### Services au quotidien

En plein développement, les applications du positionnement par satellite intègrent désormais les téléphones et autres récepteurs. Complémentaire au GPS, le système européen Galiléo doit renforcer les usages actuels : localisation de véhicule, aide à la randonnée, à la construction d'infrastructure.

### Précis comme une horloge

Chacun des satellites Galiléo embarque horloges atomiques, émetteur et récepteur radio. Quatre satellites permettent de définir la position et la référence de temps.

*En savoir + : un problème mathématique Le décalage entre un signal de référence et celui du satellite détermine une sphère dont le centre est le satellite, votre position étant l'intersection des trois sphères. La résolution mathématique des ambiguïtés améliore ce calcul au centimètre près.*

en savoir PLUS

Connaître sa position au centimètre près

### Commentaire pour l'animateur :

Illustrations du principe GPS avec trois sphères centrées sur 3 satellites donnant seulement 2 points de contact dont un seul « pertinent », plus un quatrième satellite pour la correction des horloges (désynchronisation).

Le récepteur au sol détermine sa position par rapport à trois des satellites ; un quatrième donne une référence de temps. La complémentarité des réseaux GPS et Galiléo permet d'augmenter le nombre de satellites et ainsi la précision et la fiabilité du positionnement.

Site Web : <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/6081-a-quoi-a-sert-.php>

animation video :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/6080-comment-a-marche.php>  
<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/6079-les-plus-de-galileo.php>

## P16 - Des balises pour quoi faire ?

[Espace et société]

### Argos, veilleur de la Terre

Plus de 20 000 balises Argos sont actives à travers le monde pour l'océanographie (température, salinité et courants marins), le suivi des bateaux de pêche pour le respect des quotas, les migrations d'oiseaux ou d'animaux marins. Sans cesse miniaturisées, les balises peuvent atteindre 5 grammes et la taille d'un timbre-poste.

### Balise de détresse

Localiser un navire en détresse au milieu de l'océan, un avion abîmé dans l'immense forêt canadienne, les balises Cospas-Sarsat fournissent aux autorités de recherche et de sauvetage (SAR) des alertes de détresse et des données de localisation précises et fiables.

*En savoir + : Localisé par l'effet Doppler ! Dès l'origine en 1978, le principe très simple des balises met à profit l'effet Doppler : quand une source s'approche ou s'éloigne, la fréquence des ondes émises est décalée et permet de localiser la source.*



### Commentaire pour l'animateur :

Deux missions bien distinctes. Deux fonctionnements différents : Argos permet un suivi continu de trajectoire. La balise de détresse Cospas-Sarsat fonctionne sur impact et le système met en œuvre une chaîne d'acteurs pour sauver des vies.

Site Web :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/479-argos.php>  
<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/7975-argos-30-ans-a-ecouter-vivre-la-planete.php>



## P17 - Des satellites pour soigner ?

[Espace et société]

### L'espace, c'est bon pour la santé !

La télémédecine s'appuie sur les technologies spatiales au service de la santé : dispenser au plus grand nombre les meilleurs soins médicaux, mieux connaître les facteurs d'émergence et de propagation des épidémies, participer aux actions humanitaires en situation de crise.

### Intervenir quelle que soit la distance

La communication par satellite facilite la gestion d'une situation de crise, le travail et la formation des acteurs de santé ou le suivi médical à distance. Par exemple, avec le concours d'un infirmier, une station portable permet de réaliser un diagnostic depuis un site isolé, ou un geste médical tel que l'échographie, assisté par un robot.

*En savoir + : Épidémie suivie par satellite La télé-épidémiologie évalue le risque d'une épidémie d'après les données environnementales recueillies par satellite : à défaut de repérer le moustique par satellite, on diagnostique son apparition en suivant l'évolution des mares pour prévenir des maladies comme le paludisme ou la dengue.*



80% de la planète reste difficilement accessible aux soins.

### Commentaire pour l'animateur :

Schéma de principe télésanté avec légende :

- 1- Désenclavement sanitaire,
- 2- Environnement / climat / santé,
- 3- Gestion des crises,
- 4- Éducation / formation

Plaquette télésanté pdf Cnes

Site Web :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/6195-telesante.php>  
<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/4575-le-suivi-des-epidemies-par-satellites.php>



## P18 - Peut-on assurer la paix sur Terre depuis l'espace ?

[Espace et société]

### Défense et sécurité

Dans un monde instable, plus incertain et imprévisible, l'espace est devenu un milieu vital pour la sécurité internationale. Télécommunication, observation, écoute, à l'échelle de la planète et par tous temps, tels sont les grands enjeux pour la sécurité et la défense.

### Relier les hommes à toutes les distances

Les satellites de télécommunications tels Syracuse permettent à la Défense française une communication sécurisée impossible à intercepter ou à brouiller avec les zones d'opération.

*En savoir + : Ça marche avec Hélios ! L'observation à haute résolution est primordiale pour le renseignement. La complémentarité des imageries optique et radar conduit à des accords d'échange avec Sar-Lupe et Cosmo-Skymed, vecteurs de cohésion européenne.*



### Commentaire pour l'animateur :

Site Web :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/5909-athena-fidus.php>  
<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/7631-l-europe-spatiale-de-la-defense-ca-marche.php>  
<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/2668-helios.php>  
vidéo <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/8193-gp-helios-2b-en-orbite.php>



## P19 - Explorer le système solaire

[Exploration spatiale]

### Les sondes spatiales

Des sondes sont lancées pour explorer le système solaire. Parmi les missions possibles vers les corps célestes, il y a le simple survol, la mise en orbite, l'atterrissage ou le retour d'échantillons. La coopération internationale permet de mieux valoriser ces différents programmes.

La durée de voyage d'une sonde dépend des moyens de propulsion et de la mission de survol ou orbitale.

*En savoir + : La meilleure trajectoire Pour obtenir des trajectoires qui consomment le moins de carburant possible, les sondes spatiales se servent de l'assistance gravitationnelle de corps célestes pour modifier leur direction et leur vitesse.*



### Commentaire pour l'animateur :

Quelle est la vitesse nécessaire au lancement des sondes spatiales ?

Plus de 11,2 Km/s (environ 40 000 km/h !) pour échapper à l'attraction terrestre.

Site Web :

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/7089-index-alphabetique-des-programmes.php>

SOLEIL, Notre plus proche étoile,  
Température de surface : 6000°.  
Age : 4,6 milliards d'années.

LUNE, De la glace sur la Lune ?  
Température de surface de -180°C à +120°C.

MERCURE, Pas d'atmosphère  
Temps de voyage : 6 à 7 mois  
Température de surface de -180°C à +420°C.

VENUS, Planète la plus chaude, +480°C  
Temps de voyage : 5 mois

MARS, Violentes tempêtes de poussière.  
Temps de voyage minimum : 7 à 11 mois  
Températures de surface : de -120°C à 25°C.

JUPITER, Planète gazeuse, 63 satellites dont Europe et son océan gelé en surface  
Temps de voyage : 2 à 3 ans  
Température : -140°C

SATURNE, Planète gazeuse, 62 satellites dont Titan et ses lacs de méthane  
Temps de voyage : 4 à 7 ans  
Température -188°C

URANUS, Planète gazeuse  
Temps de voyage : 9 ans  
Température : -212°C

NEPTUNE, Planète gazeuse, son satellite Triton possède des volcans de glace  
Temps de voyage : 11 ans  
Température moyenne la plus froide -218°C

ASTEROIDES

COMETES

PLANETES NAINES : Pluton, Cérés



## P20 - A quoi ressemble l'Univers ?

[Exploration spatiale]

### Découvrir l'Univers et son histoire

Les satellites permettent d'analyser des phénomènes invisibles depuis le sol. Les rayons X et gamma révèlent des événements cataclysmiques associés aux trous noirs, aux explosions d'étoiles comme les supernovae et aux galaxies très énergétiques telles les quasars et les blazars. Les infrarouges et les ondes submillimétriques permettent de voir l'Univers froid, les zones de naissance d'étoile.

### Voir loin, c'est voir le passé !

L'Univers primordial aurait commencé son existence par une énorme explosion, le Big Bang, qui se serait produite il y a 13,7 milliards d'années. Le satellite Planck a pour mission de dresser une cartographie précise du rayonnement fossile, vestige de l'explosion initiale lorsque l'Univers n'avait que 380 000 ans !

*En savoir + : Hubble, Gaïa, des missions phares Hubble : télescope spatial en orbite autour de la Terre depuis 1990. Il a observé des milliers de galaxies et a pris la première image en visible d'une exoplanète. Le télescope spatial James Webb sera son successeur. Gaïa : ce satellite doit clarifier la composition, la formation et l'évolution de notre Galaxie, la Voie lactée.*



13,7 milliards d'années, c'est l'âge de l'Univers depuis ses premiers instants, le Big Bang

### Commentaire pour l'animateur :

Une grande inconnue : Où se trouve l'invisible matière noire de l'Univers ?

Site Web : <http://hubblesite.org/>

<http://public.planck.fr/>

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/5314-gaia-la-belle-histoire-de-la-voie-lactee.php>



## P21 - De la vie ailleurs ?

[Exploration spatiale]

### Un objectif majeur : les exoplanètes

Nous n'avons pas trouvé de vie extraterrestre, mais, depuis 1995, nous avons découvert, depuis le sol et l'espace, des centaines de planètes en dehors de notre système solaire : des exoplanètes qui gravitent autour d'autres étoiles. Certaines sont très semblables à la Terre, comme Corot-Exo-7b et pourraient abriter des formes de vie différentes, objets d'étude de l'exobiologie.

### Corot, Herschel et Kepler, en missions !

Le satellite Corot étudie la structure interne des étoiles et détecte des planètes extrasolaires autour d'étoiles proches. Le télescope spatial Herschel analyse le contenu des nuages interstellaires où naissent les étoiles. Il détermine la présence d'éléments essentiels à l'apparition de la vie. Le télescope spatial Kepler détecte les petits corps orbitant autour des étoiles proches avec un photomètre. Sur plus de mille signaux détectés, la présence d'exoplanètes doit être confirmée.

*En savoir + : Lumières dans la nuit Que faites-vous si vous voyez quelque chose de curieux dans le ciel ? Faites parvenir vos témoignages auprès du groupe d'études officiel qui enquête sur les phénomènes aérospatiaux non identifiés en France : le GEIPAN - [www.geipan.fr](http://www.geipan.fr)*



Plus de 500 exoplanètes déjà découvertes

### Commentaire pour l'animateur :

L'exobiologie, une discipline en plein essor.

Cf. les illustrations sur le panneau, images de l'exoplanète autour des étoiles HR8799 et Fomalhaut par Hubble.

Site Web : <http://www.cnes-geipan.fr/>

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/652-corot.php>



## P22 - Où sont les Martiens ?

[Exploration spatiale]

### De l'eau sur Mars

Depuis 1960, des sondes ont été envoyées sur la « planète rouge » pour comprendre la formation du système solaire et chercher la présence de vie ou des traces d'eau. Pas de martiens... mais des argiles, preuve que de l'eau liquide a été présente dans un passé lointain dans le sol de Mars qui pourrait avoir abrité des formes de vie.

### À quand des hommes sur Mars...

Envoyer des hommes sur Mars... un rêve qui pourrait un jour devenir réalité ! En 2010- 2011, le programme Mars-500 a simulé sur Terre le voyage aller-retour d'un équipage vers Mars. Les six membres d'équipage, isolés pendant 18 mois, ont vécu les conditions d'un tel voyage.

*En savoir + : Aurora, un programme vers Mars*  
*ExoMars 2016 : mise en orbite martienne d'une sonde pour l'étude de l'atmosphère et descente d'un atterrisseur.*  
*ExoMars 2018 : Envoi d'un rover ESA-NASA.*  
*Mars Sample return 2020-2022 : pour la première fois, un robot doit faire revenir sur Terre des échantillons martiens.*

Une énigme sur Mars : Des dégagements saisonniers de méthane d'origine biologique ?

### Commentaire pour l'animateur :

L'exploration in situ et depuis l'orbite de Mars a permis de confirmer la présence d'importantes quantités d'eau gelée dans le sol et dans les calottes polaires de Mars. Cette eau a pu être liquide autrefois et permettre l'apparition de la vie, son développement sous des formes originales ou similaires à l'environnement terrestre, voire dans les roches martiennes abriter des formes de vie qui reste à découvrir.



## P23 - Vivre dans l'espace ? [Exploration spatiale]

**Le séjour dans une station spatiale.** Valeri Polyakov a passé 437 jours dans l'espace... mais y vivre n'est pas facile ! L'impesanteur, perturbe la circulation sanguine, provoque le mal de l'espace et entraîne une fragilisation des os. Un long entraînement et une activité soutenue pendant le vol sont donc indispensables.

### Au quotidien dans l'ISS, Témoignage d'Umberto Guidoni, astronaute de l'ESA

**SE NOURRIR :** « Faites un mouvement brusque et vos aliments s'envolent et vont se coller quelque part sur une paroi de la station ! ». **DORMIR :** « Au moment d'aller dormir, il suffit d'accrocher n'importe où un sac de couchage et de grimper dedans. Sinon, vous partiriez à la dérive dans la station. ». **ET LES TOILETTES :** « Les toilettes de la station utilisent une pompe à air qui aspire tous les déchets. Il n'y a pas de douche ; pour rester propres, nous utilisons donc des serviettes humides et nous faisons notre toilette à l'éponge avec du savon qui ne fait pas de bulles. »

*En savoir + : Le tourisme spatial. Ses limites physiques ou psychologiques ? L'hôtel en orbite : le rêve s'est très certainement éloigné. Le tourisme suborbital deviendra peut-être une réalité dans quelques années.*

L'ISS, un laboratoire habité pour des expériences en impesanteur.

### Commentaire pour l'animateur :

À quoi sert l'ISS ? C'est un laboratoire habité pour des expériences en impesanteur de physique, de chimie, de biologie, de médecine... mais c'est aussi un banc d'essai technologique. Tourisme orbital ou suborbital ? Le 1<sup>er</sup> touriste de l'Espace, Dennis Tito, a déboursé 20 millions de dollars pour se rendre dans la Station Spatiale internationale. Le tourisme suborbital consiste en des vols paraboliques à plus de 100 km d'altitude avec le vaisseau SpaceShip (1<sup>er</sup> vol en 2004). Quant aux hôtels spatiaux de demain, seul le lancement d'une maquette Genesis 1 a déjà eu lieu en 2006.

Site Web : <http://www.esa.int/esaKIDSfr/LifeInSpace.html>



## P24 - Mettez de l'espace dans votre vie ! [Activités jeunesse]

**Des activités spatiales avec le CNES.** Si l'espace vous fait rêver, montez un projet en classe ou en club ! *Une fusée :* construire la mini-fusée ou la fusée expérimentale de vos rêves. *Un ballon pour l'école :* imaginer et réaliser les expériences embarquées dans la nacelle de ballon stratosphérique. *Parabole :* concevoir des expériences pour mieux comprendre l'impesanteur et les tester à bords de l'Airbus A300-zeroG. *Argonautica :* étudier l'influence des variations environnementales sur les courants et les migrations des animaux marins. *Calisph'Air :* mieux connaître les évolutions de notre atmosphère par des mesures locales comparées aux données globales des satellites. *Imagerie :* faire parler les données images des satellites de plus en plus performants. Pour participer, découvrez les conseils du CNES sur le web : <http://www.cnes-jeunes.fr>

*En savoir + : les missions du CNES*  
*Le CNES est l'agence spatiale française chargée de proposer au gouvernement la politique spatiale de la France au sein de l'Europe et de la mettre en œuvre.*

### Commentaire pour l'animateur :

Le CNES est le Centre national d'études spatiales, chargé de proposer et de mettre en œuvre la politique spatiale de la France au sein de l'Europe. Il invente les systèmes spatiaux du futur, maîtrise l'ensemble des techniques spatiales, et garantit à la France l'accès autonome à l'espace. Tu rêves de devenir astronaute ? Découvre les conseils du CNES sur le web : <http://www.cnes-jeunes.fr/web/CNES-Jeunes-fr/8237-devenir-astronaute-une-selection-feroce.php>

Site Web : <http://www.cnes-jeunes.fr>





01	Introduction – la conquête spatiale	Lien web	« Ariane, 40 ans vers le futur » - 16/12/2019
02	Où commence l'espace ?	Lien web	« Qu'est-ce que l'espace ? » - 30/04/2015
03	Flotte-on dans l'espace ?	Lien web	« Qu'est-ce que l'impesanteur ? » - 13/10/2009
04	Comment décolle une fusée ?	Lien web	« Un lanceur comment ça marche ? » - 25/01/2010
		Lien web	« Dossier, série lanceurs » - 29/01/2021
05	Tourner autour de la Terre ?	Lien web	« Qu'est-ce qu'une orbite ? » - 3/06/2015
06	Les lanceurs en Guyanne	Lien web	« Destination Orbite » - site sur l'actualité spatiale mondiale
07	En route pour l'espace !	Lien web	« Trouver la bonne fenêtre » - 6/06/2019
08	Un satellite, comment ça marche ?	Lien web	« Un satellite » - 3/6/2015
		Lien web	« Apte pour l'espace » - 20/01/2015
09	La Terre est-elle vraiment ronde ?	Lien web	« GOCE redessine le géoïde » - 29/04/2011
10	Changer notre regard sur la Terre ?	Lien web	« Satellites pour le climat » - 23/12/2015
11	Mieux gérer nos ressources ?	Lien web	« Protéger la biodiversité » - 16/06/2020
		Lien web	« Protéger la Terre depuis l'espace » - 28/5/2017
12	Les satellites face aux catastrophes	Lien web	« Charte Espace et Catastrophes majeures » - 30/10/2020
13	Dangers dans l'espace ?	Lien web	« Dossier débris spatiaux » - 24/11/2017
14	Communication par satellite	Lien web	« Communication par satellite » - 11/03/2019
15	Où suis-je, où vais-je ?	Lien web	« Positionnement par satellite » - 2016
16	Des balises pour quoi faire ?	Lien web	« Altimétrie, 25 ans déjà » - 8/09/2017
17	Des satellites pour soigner ?	Lien web	« L'essor de la télémédecine » - 22/05/2020
18	Assurer la paix depuis l'espace ?	Lien web	« Défense et espace » - 7/02/2019
19	Explorer le système solaire	Lien web	« Le système solaire » - 28/11/2018
20	À quoi ressemble l'Univers ?	Lien web	« Télescope, voir l'infini » - 14/04/2020
21	De la vie ailleurs ?	Lien web	« Mondes extraterrestres » - 13/11/2019
22	Où sont les martiens ?	Lien web	« À la recherche de la vie » - 30/07/2020
		Lien web	« Dossier, conquête de Mars » - 2021
23	Vivre dans l'espace ?	Lien web	« Dossier, mission Proxima » - 2021
24	Mettez de l'espace dans votre vie !	Lien web	site CNES pour les jeunes

## RESSOURCES VIDÉO SUR LE WEB - une sélection de 24 vidéo à flasher !

Flasher avec la webcam de votre smartphone l'un des QR code présenté sur une page pour visualiser de courtes vidéos spatiales. Retrouvez aussi l'ensemble des vidéos publiées par le CNES sur sa chaîne YouTube

### Sélection de liens vidéo à flasher QUESTION D'ESPACE



«New space ?» - 2016



«Mettre sur orbite » - 2010



«Pourquoi Kourou ?» - 2010



«3-2-1... Ariane 6» - 2016



«Qualifié pour l'espace» - 2018



«Lancement Ariane 5» - 2014



«Géoïde par GOCE» - 2013



«Instrument IASI » - 2018



«Aérosols et Climat» - 2016



«ARGOS et le manchot» - 2015



«El Nino se prépare » - 2008



«Espace pour la Terre » - 2017



«Télécommunications » - 2014



«Géolocalisation » - 2016



«Satellite Galiléo» - 2017



«Espace de la défense » - 2019



«Danger dans l'espace » - 2018



«À la vitesse-lumière » - 2020



« Détection des exoplanètes » - 2019



«Le système solaire » - 2020



« Bientôt sur Mars » - 2016



« Mission Mars 2020 » - 2021



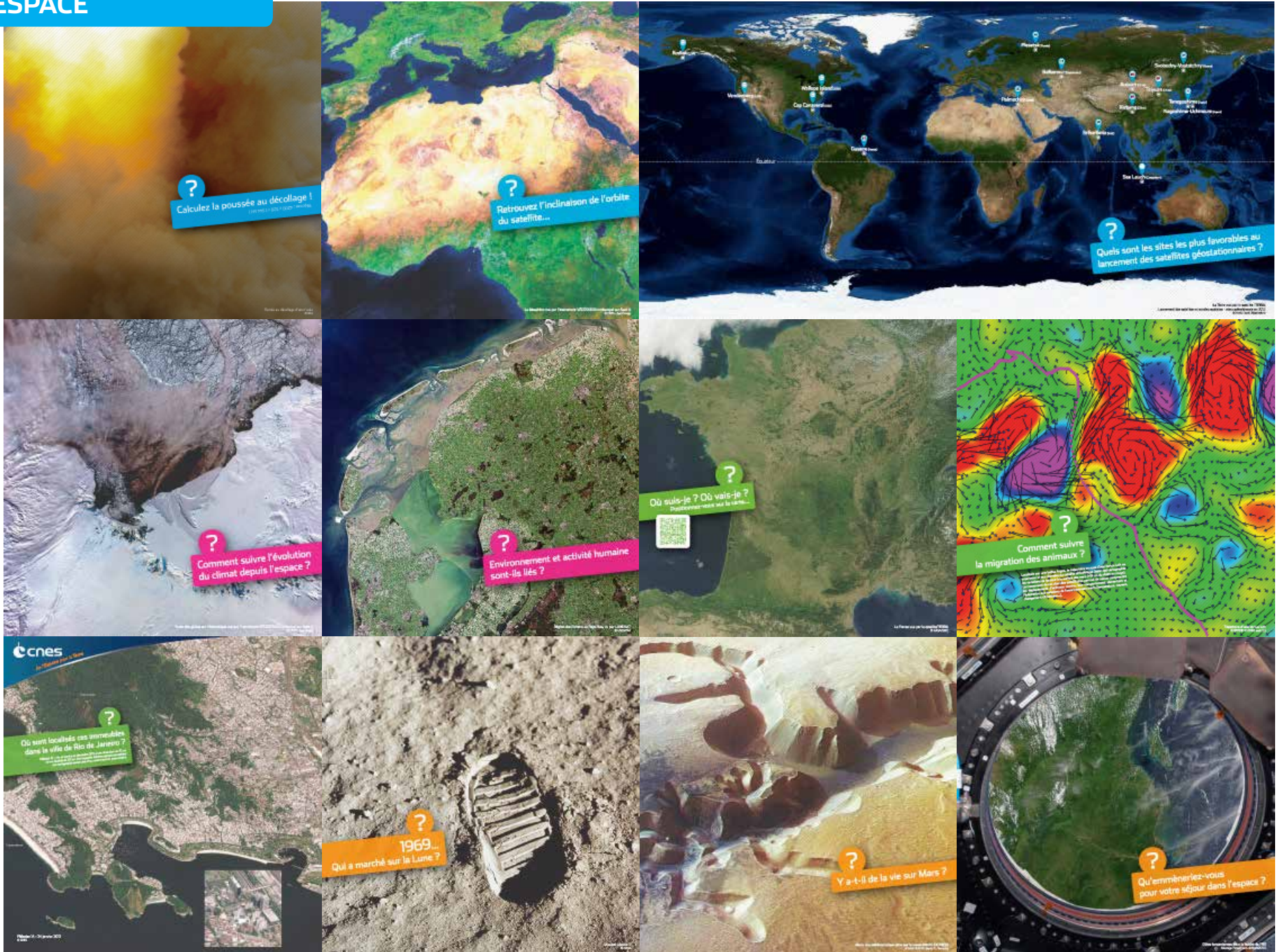
« Retour sur la Lune » - 2019



« Tour complet de l'ISS » - 2017



La Terre vue de l'espace, en quelques images  
**QUESTION D'ESPACE**





#### SOL 04BIS - CALCULEZ LA POUSSÉE AU DÉCOLLAGE ?

##### Fumée au décollage d'une fusée © ESA

Réponse : 4200 m/s x 320 kg/s soit 1344 kN

Les lanceurs polluent-ils ? Toute activité humaine produit des déchets. Les lanceurs n'échappent pas à cette règle même si la quantité de produits émis est très limitée compte tenu des règles de sauvegarde qui protègent les personnes et les milieux environnants.

#### SOL 06BIS - RETROUVER L'INCLINAISON DE L'ORBITE DU SATELLITE ?

##### La biosphère vue par l'instrument VÉGÉTATION embarqué sur Spot 4 © CNES / Spot Image

Sur cette synthèse décennale, la fauchée correspond à la largeur du champ d'observation lors des passages du satellite. Son orientation est donc inclinée par rapport à l'axe nord-sud.

#### SOL 07BIS - QUELS SONT LES SITES LES PLUS FAVORABLES AU LANCEMENT DE SATELLITES GÉOSTATIONNAIRES ?

**La Terre vue par le satellite Terra 4** © NASA Earth Observatory  
Les principales bases de lancement dans le monde sont ici représentées ; le meilleur emplacement pour lancer un satellite en orbite géostationnaire reste à proximité de l'Équateur.

- USA Cap Canaveral, Vandenberg, Wallops Island et Kodiak (en Alaska)
- EUROPE Kourou (en Guyane française)
- RUSSIE Baïkonour (au Kazakhstan), Plesetsk et et Svobodny-Vostotchny (au nord du Japon)
- ISRAËL Palmachim
- JAPON Tanegashima, Uchinoura
- CHINE Jiuquan, Xichang, Taiyuan
- INDE Sriharikota
- Plateforme maritime Sea Launch

#### SOL 10BIS - COMMENT SUIVRE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT DEPUIS L'ESPACE ?

##### Fonte des glaces sur l'Antarctique vue par l'instrument VÉGÉTATION embarqué sur Spot 4 © CNES / Spot Image

Les satellites suivent la fonte de la banquise au printemps austral et l'impact du réchauffement climatique. Certains icebergs dépassent ici 10 km.

#### SOL 11BIS - ENVIRONNEMENT ET ACTIVITÉS HUMAINES SONT-ILS LIÉS ?

##### Région des Polders aux Pays-Bas, vu par Landsat végétation embarqué sur Spot 4 © USGS / ESA

Aux Pays-Bas, où l'activité agricole est bien visible sur les polders gagnés à la mer, on évoque désormais des menaces sérieuses d'inondations causées par la montée des eaux liée au réchauffement climatique. Les mesures des satellites ainsi que les observations constatent la corrélation entre l'augmentation du CO<sub>2</sub> et la hausse de température moyenne du globe.

#### SOL 15BIS - OÙ SUIS-JE ? OÙ VAIS-JE ?

##### POSITIONNEZ-VOUS SUR LA CARTE...

##### La France vue par le satellite Terra 4 © NASA / GSFC

Dans les années à venir, les systèmes de navigation et de localisation par satellites vont gagner en précision. En Europe, un cap vient d'être franchi avec l'ouverture au grand public et aux entreprises du service Egnos qui corrige les signaux GPS. (voir la vidéo «Plus d'espace sur les routes» sur la chaîne du CNES)

#### SOL 16BIS - COMMENT SUIVRE LA MIGRATION DES ANIMAUX ?

##### Trajectoire d'une tortue Luth © DEPE/IPHC/CNRS and CLS

Localisée par une balise Argos, la trajectoire en rose d'une tortue luth se superpose ici aux données du satellite altimétrique Jason qui cartographie les variations de hauteur à la surface des mers (+15 cm du violet au rouge).

Le croisement de ces données satellitaires permet de mieux comprendre les déplacements d'animaux marins, leur comportement alimentaire et l'adaptation aux variations de l'environnement marin (température, courant, changement climatique...).

#### SOL 18BIS - OÙ SONT LOCALISÉS CES IMMEUBLES DANS LA VILLE DE RIO DE JANEIRO ?

##### Pléiades 1A, survol de Rio le 24 janvier 2012 © CNES

Pleiades 1A, mis en service en décembre 2011, a une résolution de 70cm et une fauchée de 20km. Ses capacités stéréoscopiques permettent une cartographie encore plus fine, notamment en zone urbaine.

#### SOL 19BIS - 1969... QUI A MARCHÉ SUR LA LUNE ?

##### Mission Apollo 11 © NASA

Si Neil Armstrong est le premier homme à avoir posé le pied sur la Lune le 20 juillet 1969, cette empreinte est sans doute celle de l'un de ses compagnons, Buzz Aldrin. Michael Collins est resté en orbite pour piloter le module de retour.

#### SOL 22BIS - Y A-T-IL DE LA VIE SUR MARS ?

##### Mars, vue stéréoscopique prise par la sonde Mars express © ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

La région d'Echus Chasma sur la planète rouge ici photographiée par Mars Express en stéréoscopie, montre un réseau de vallées encaissées qui ressemblent à des réseaux de drainage connus sur Terre. C'est l'objet du débat de savoir si ces vallées proviennent de sources souterraines, des précipitations ou des flux de magma à la surface de Mars.

#### SOL 23BIS - QU'EMMENERIEZ-VOUS POUR VOTRE SÉJOUR DANS L'ESPACE ?

##### Côtes tanzaniennes sous le hublot de l'ISS © NASA/ GSFC montage Piment Vert

Volant à près de 400km d'altitude, les spationautes voient défiler la Terre sous les hublots de l'ISS.

## Remerciements aux contributeurs QUESTION D'ESPACE

### REMERCIEMENTS POUR LEURS CONTRIBUTIONS À LA CONCEPTION DE L'EXPOSITION

CLAIRE EDERY-GUIRADO, CNES

CLAIRE DRAMAS, CNES

ANNE SERFASS-DENIS, CNES

LAURA DERIOT, CNES (STAGIAIRE)

ALAIN GRYCAN, SCIENCE ANIMATION

JOHAN LANGOT, SCIENCE ANIMATION

GUY-ANTOINE DUFOURD, CENTRE•SCIENCES

### À LA RELECTURE DES PANNEAUX PAR LE CNES

FERNAND ALBY

MICHEL AVIGNON

LOÏC BOLOH

CHRISTOPHE BONNAL

ANTONIO GUELL

PATRICE HENRY

ANDRÉ HUSSON

JEAN-LUC ISSLER

NICOLAS PICOT

FRANCIS ROCARD

HENRY DE ROQUEFEUILLE

SÉBASTIEN ROUQUETTE

MICHEL SARTHOU

MICHEL VISO

### À LA RÉALISATION DE CE LIVRET

ALAIN GRYCAN, SCIENCE ANIMATION

GUY-ANTOINE DUFOURD, CENTRE•SCIENCES