



Voyage en orbite autour de la Terre

Une initiative organisée en partenariat par

DStv



eutelsat
COMMUNICATIONS

A PROPOS DU CONCOURS DSTV EUTELSAT STAR AWARDS :

> Le DStv Eutelsat Awards est un concours panafricain organisé en partenariat entre MultiChoice Africa et Eutelsat Communications. L'objectif de ce concours est de stimuler l'intérêt des jeunes des écoles secondaires et des lycées pour l'étude des sciences et des technologies.

Le concours est ouvert aux élèves de 14 à 19 ans de 42 pays africains. Les candidats sont invités à rédiger un essai ou dessiner une affiche illustrant la valeur et le potentiel des satellites au service de l'avenir de l'Afrique, dans des champs d'application liés à l'observation de la Terre, au positionnement ou aux télécommunications.

Les lauréats nationaux sont récompensés par l'attribution de matériel informatique et sont invités à participer à la phase finale de la compétition dans les catégories « Essai » et « Affiche ».

Le vainqueur dans la catégorie « Essai » gagne un voyage avec un parent sur une base spatiale pour assister en direct à un lancement de satellite et visiter les installations d'Eutelsat en France. Le gagnant dans la catégorie « Affiche » est également invité à découvrir les installations d'Eutelsat en France ainsi qu'à visiter une usine de construction de satellites. Les lauréats des prix d'excellence dans les catégories « Essai » et « Affiche » sont invités à visiter les installations et studios de MultiChoice Africa et le site de l'Agence Spatiale d'Afrique du Sud, à proximité de Johannesburg en Afrique du Sud.

Les écoles où sont inscrits les gagnants du concours et les lauréats des prix d'excellence reçoivent un équipement complet d'accès aux programmes éducatifs du bouquet DStv, comprenant une antenne satellite, un téléviseur, un décodeur et une carte d'accès aux programmes.

Plus d'information sur : www.dstvstarawards.com

Voyage en orbite
autour de la Terre



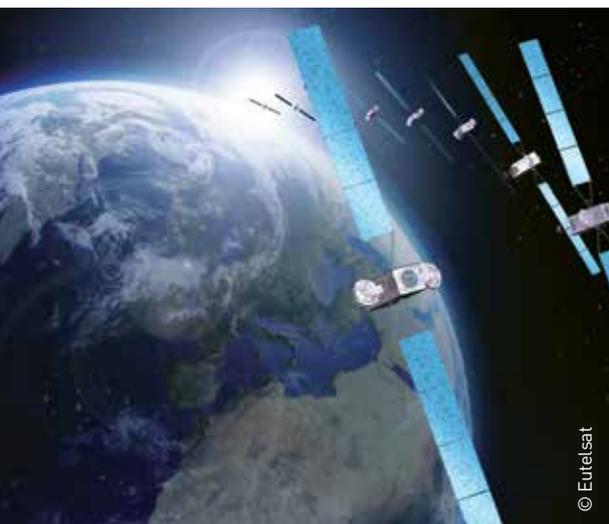
© Arianespace

Sommaire

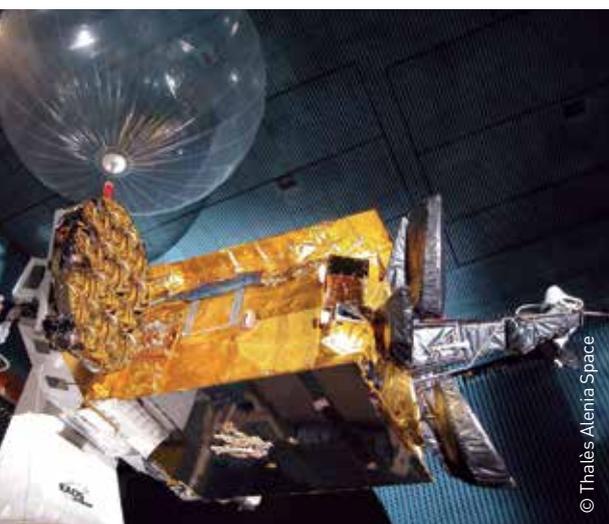
- 01** **Qu'est-ce qu'un satellite et comment est-il lancé ?** (page 6)
- 02** **Quelle orbite pour quelle mission ?** (page 10)
- 03** **De quoi est fait un satellite et comment ça marche ?** (page 14)
- 04** **À quoi servent les satellites ?** (page 16)
- 05** **Qui peut placer un satellite en orbite et où ?** (page 24)



© Eutelsat



© Eutelsat



© Thales Alenia Space



© Eutelsat

Introduction

En regardant le ciel la nuit, il nous est habituel d'y voir notre satellite naturel, la Lune, tournant sur son orbite.

Mais savez-vous que certains des points lumineux qui brillent dans le ciel d'une belle nuit ne sont pas des étoiles mais des satellites qui gravitent autour de notre planète pour nous rendre une infinité de services ?

> Auriez-vous imaginé que les satellites tournant autour de la Terre puissent se compter en milliers ? Si certains d'entre eux ne sont plus en service, **plus de 900, en opération**, sont de précieux outils de travail qui nous fournissent en permanence des quantités d'informations. La plupart de ces satellites ne sont pas visibles la nuit. Il est toutefois possible d'en repérer certains, les plus gros parmi ceux qui gravitent en orbite basse, lorsque la lumière du Soleil se reflète sur eux tout comme nous voyons la Lune la nuit dans le ciel.

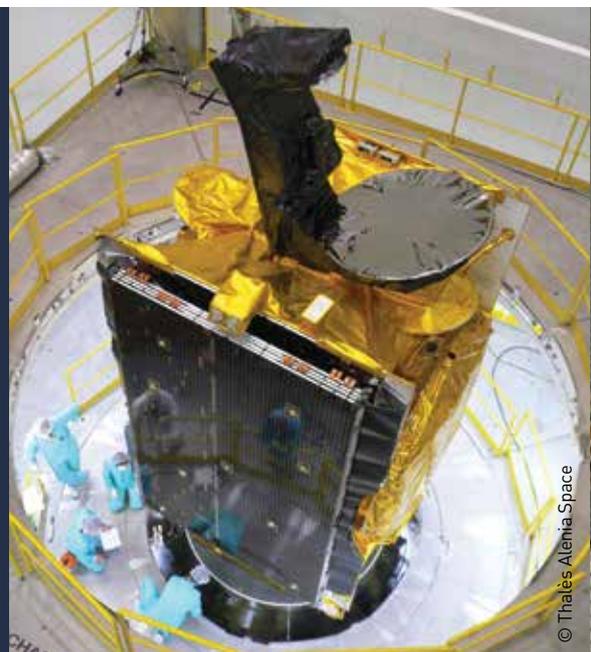
> **Vous vous posez la question de savoir pourquoi ces satellites sont si nombreux, comment ils ont été lancés et à quoi ils servent ?**

Les satellites rendent notre vie plus sûre, plus facile et nous permettent de comprendre notre environnement, de communiquer, de nous informer et de nous divertir. Certains prennent des photos de la Terre qui aident les météorologues à prévoir le temps et prévenir le passage des tempêtes. D'autres prennent des photos des planètes, du Soleil, des trous noirs ou des galaxies lointaines qui aident les scientifiques à mieux comprendre le système solaire et l'univers. D'autres encore, les satellites de télécommunications, sont des relais indispensables pour transmettre les signaux de télévision, acheminer les appels téléphoniques et nous connecter à l'Internet partout dans le monde. Enfin, les satellites de positionnement nous aident à nous déplacer.

> À travers ce petit guide, nous vous invitons à un voyage en orbite autour de la Terre pour découvrir le monde des satellites, l'infinité de services qu'ils nous rendent et imaginer de nouvelles missions que nous pourrions leur confier dans l'avenir.

01 Qu'est-ce qu'un satellite et comment est-il lancé ?

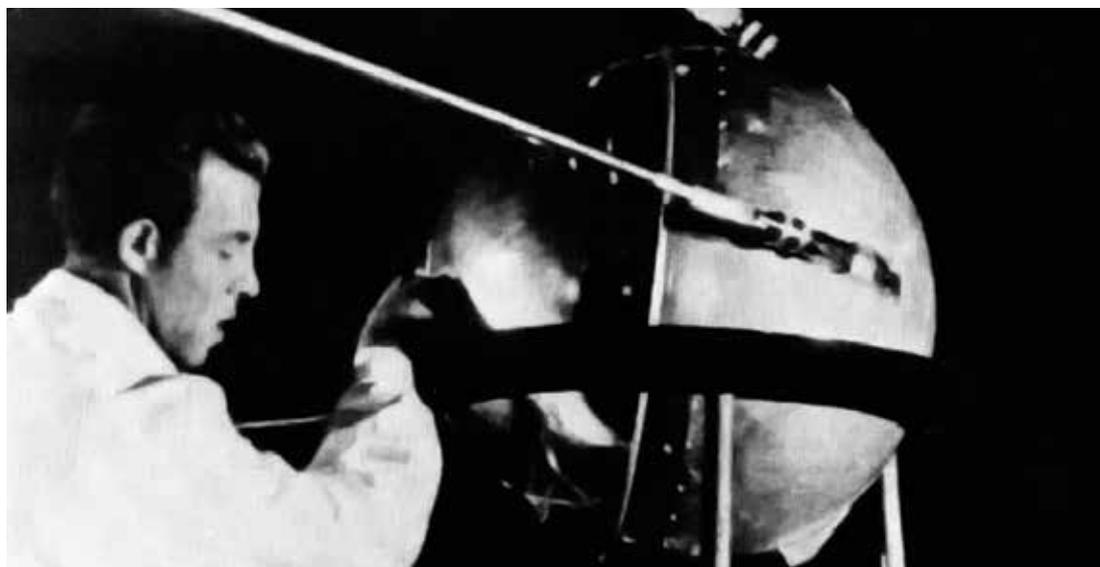
Les satellites sont de petits objets qui orbitent autour d'un autre beaucoup plus grand, tout comme la Lune tourne autour de la Terre.

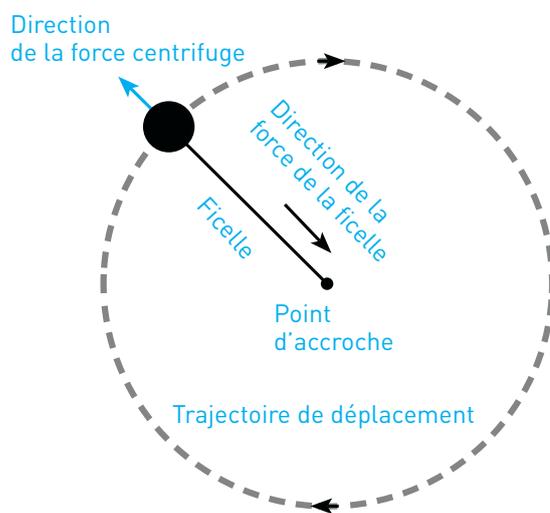


Dans ce guide, nous traiterons des satellites artificiels, ceux que l'homme a construits, et non des satellites naturels comme la Lune.

Ces satellites artificiels ont tous la mission de nous transmettre des informations qui nous servent pour l'observation, la communication, la géolocalisation et l'exploration. Chaque satellite est conçu spécifiquement en fonction du type d'information qu'il doit transmettre. Ainsi, les satellites de télécommunications, de navigation et d'observation ont chacun leur propre architecture et mode de fonctionnement.

Le premier satellite a été lancé par l'Union soviétique le 4 octobre 1957. Baptisé Spoutnik 1, il a tourné 92 jours autour de la Terre avant de se désintégrer en rentrant dans l'atmosphère terrestre. SCORE (acronyme anglais de Signal Communications Orbit Relay Equipment) a été le premier satellite de télécommunications. Lancé le 18 décembre 1958, SCORE a permis de mener les premiers essais de relais télécoms dans l'espace. Il a retenu l'attention du monde entier en diffusant le message de Noël du président américain Dwight D. Eisenhower qui avait été enregistré sur un magnétophone embarqué.





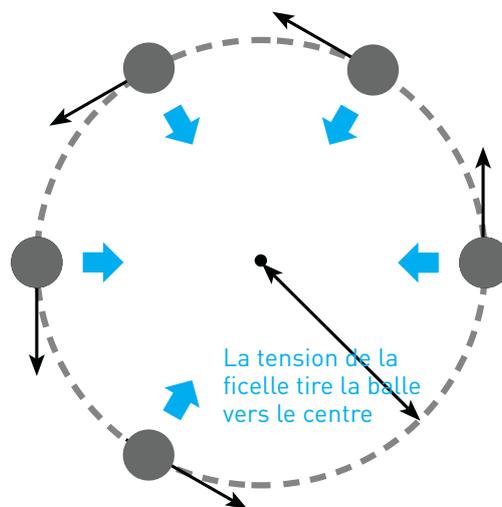
La force (↑) vers le centre entraîne la balle autour d'un cercle

Si cette force disparaissait, la balle partirait en ligne droite

Comment un satellite est-il envoyé dans l'espace et pourquoi reste-t-il en orbite ?

Un satellite lancé ne disparaît pas dans l'espace et reste sur son orbite car il est soumis à un équilibre de forces : L'attraction terrestre le tire vers le bas et l'empêche de se perdre dans l'espace lointain. En même temps, sa vitesse, acquise lors de son lancement, et son inertie, c'est-à-dire la tendance à garder son mouvement, l'empêchent de retomber sur la Terre. Cette vitesse est appelée vitesse orbitale. Elle doit être supérieure à un certain seuil, appelé seuil de libération, pour que le satellite "échappe" à la gravité de la Terre. Si le satellite va trop vite, il se perdra dans l'espace. Mais si le satellite n'est pas assez rapide, il retombera sur Terre en raison de la gravité. La force gravitationnelle étant plus forte à proximité de la Terre, un satellite à basse altitude (distance au-dessus de la Terre) aura besoin d'une vitesse orbitale supérieure pour rester en orbite.

Imaginez une balle accrochée à l'extrémité d'une ficelle ou un yo-yo. Si vous la faites tourner, la ficelle agit comme la gravité et continue à la faire tourner, mais si vous lâchez la ficelle, la balle s'éloigne. De même, si elle ne tourne pas assez vite, la balle « quitte son orbite » et tombe au sol ; l'équilibre de la force de traction de la ficelle et de la force centrifuge liée à la vitesse à laquelle elle tourne maintient la balle en mouvement autour de son point d'accroche. Le même principe fondamental s'applique au satellite en orbite autour de la Terre.



Cet exemple vous montre combien il est important d'avoir étudié la physique pour réfléchir à ce que les satellites peuvent faire pour nous.



Vous vous souviendrez que c'est Sir Isaac Newton qui, dès le 17ème siècle, a établi la loi de la gravité.

Mais saviez-vous qu'il avait aussi élaboré une théorie sur la manière dont des satellites artificiels pouvaient être lancés depuis la Terre ?

Il aura donc fallu plus de deux siècles pour concrétiser ces idées révolutionnaires et envoyer le premier satellite dans l'espace.

Il est intéressant de se demander à présent à quelle vitesse doit se déplacer un satellite pour se maintenir en orbite. Nous savons que cela dépend de l'altitude. Par exemple, à une altitude d'environ 240 kilomètres, la vitesse d'un satellite doit être de l'ordre de 27 000 km/h. C'est extrêmement rapide, plus de 200 fois la vitesse autorisée sur nos autoroutes ! Mais il faudra aller encore beaucoup plus vite pour quitter la Terre et c'est là où les fusées entrent en scène. Leurs propulseurs permettent d'atteindre la vitesse de 40 320 km/h, minimum nécessaire pour vaincre la gravité et satelliser les objets qu'elles libèrent dans l'espace.

Toutes les fusées ont un plan de vol. Leur trajectoire est soigneusement calculée et contrôlée par un système qui surveille constamment position et vitesse, en apportant les corrections nécessaires. La fusée libère le satellite dans l'espace quand elle a atteint l'altitude et la vitesse requises pour placer le satellite sur l'orbite visée.

Après avoir accompli sa mission, la fusée tombe dans l'océan ou se désintègre en pénétrant dans l'atmosphère terrestre. Les plus gros satellites sont équipés de moteurs à tuyères qui permettent de corriger l'orbite depuis une station de contrôle au sol si nécessaire, contrairement aux petits de moins de 10 kg qui ne peuvent emporter de propulseurs, mais les scientifiques se penchent aujourd'hui sur la question pour y remédier.

EN SAVOIR +

SUR LA SCIENCE LIÉE AU LANCEMENT DES SATELLITES

La gravitation est le concept clé qui permet de comprendre comment on lance un satellite et pourquoi il reste en orbite. Isaac Newton a rapproché deux observations : celle de la Lune autour de la Terre et celle de la chute d'une pomme tombée d'un arbre.

Après avoir cherché à comprendre pourquoi le mouvement de la Lune était régulier et pourquoi la pomme était tombée, il a proposé l'idée de la gravitation. Il a suggéré qu'il devait exister une force d'attraction entre tous les objets de l'univers qui ont une masse. C'est la même force d'attraction qui fait tomber la pomme et qui garde la Lune dans une orbite fixe autour de la Terre. Nous disons qu'il y a un champ gravitationnel autour de tout objet qui a une masse. Quand un autre objet qui a une masse entre dans ce champ, il subit une force d'attraction.

Voici quelques questions qui vous aideront à poursuivre votre réflexion :

> QUESTION 1

Prête pour son lancement, la fusée et les satellites qu'elle embarque ont une masse totale d'environ 700 tonnes (7×10^5 kg). Quelle est la force minimale nécessaire pour soulever cette masse de la surface de la Terre ?

// DISCUSSION

Parce que la force d'attraction dépend de la masse des objets concernés et de la distance entre leur centre de gravité, c'est à la surface de la Terre que la force gravitationnelle qui agit sur la fusée est la plus grande. Nous savons aussi que quand un objet tombe vers la Terre, son accélération (g) reste constante. Malgré l'existence de petites variations dans la valeur de g en différents points de la surface de la Terre, à l'école, nous acceptons le principe de prendre une valeur de $9,8 \text{ m/s}^2$ pour ce type d'exercice. La force minimale nécessaire pour soulever un objet sur la surface de la Terre est égale à la force exercée par la Terre sur l'objet. La force exercée par la Terre sur n'importe quel objet (poids) est égale au produit de la masse par l'accélération qui résulte de la gravité (g).

La force minimale pour soulever la fusée est ainsi égale à :
masse \times g = $7 \times 10^5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 6,86 \times 10^6 \text{ N}$.

Veillez noter que cette force minimale n'est toutefois pas suffisante pour accélérer la montée de la fusée vers le haut.

> QUESTION 2

Comment fonctionnent les moteurs de la fusée ?

// DISCUSSION

Pour répondre à cette question fréquemment posée, il faut faire appel à deux concepts de physique : l'énergie et le principe des actions réciproques de Newton.

> L'ÉNERGIE

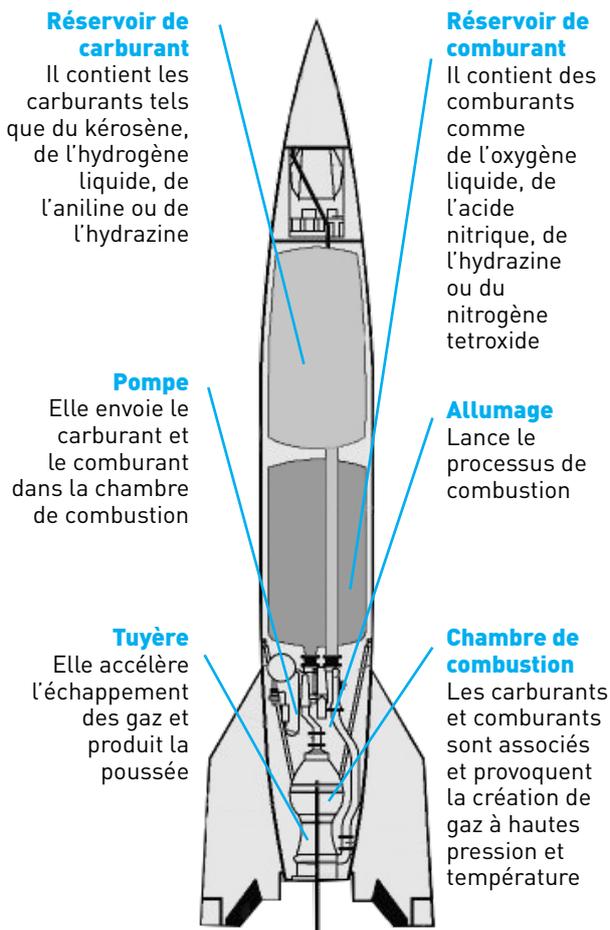
Au moment de la mise à feu des moteurs, le carburant et le comburant stockés sous forme solide ou liquide dans des réservoirs séparés de la fusée sont associés dans une chambre de combustion à haute pression (100-200 bar). Cette association crée une sorte d'explosion qui va libérer une grande quantité d'énergie et se traduit par la production de gaz à température et pression très élevées.

Ces gaz sont alors accélérés lors de leur passage dans une tuyère par où ils s'échappent de la fusée, créant une poussée en réaction. Cette poussée vers le bas amène la fusée à se déplacer vers le haut. On dit qu'elle acquiert de l'énergie cinétique par son déplacement, mais aussi de l'énergie potentielle en changeant sa position au dessus de la Terre.

> TROISIÈME LOI DU MOUVEMENT DE NEWTON (LES ACTIONS RÉCIPROQUES)

Au moment de l'allumage des moteurs, les gaz sont éjectés vers le bas par les tuyères de la fusée. La force de la fusée sur ces gaz est égale à la force de ces gaz sur la fusée. L'augmentation de la force de propulsion développée par les moteurs va faire décoller la fusée. Ceci applique une loi fondamentale dite « de l'action et de la réaction » énoncée par Newton qui veut que « à chaque action correspond une réaction équivalente et de sens contraire ». On appelle l'ensemble de ces deux forces une paire action-réaction.

> MOTEUR DE FUSÉE À CARBURANT LIQUIDE



> QUESTION 3

Après le lancement, la trajectoire de la fusée semble s'incliner et ne plus s'élever uniquement vers le haut. Savez-vous pourquoi ?

// DISCUSSION

Si la fusée montait verticalement dans le ciel, ceci voudrait dire que la poussée est strictement verticale. Toutefois, pour placer un satellite en orbite, il est nécessaire de le doter aussi d'une vitesse horizontale. On incline alors la fusée en combinant des composantes de poussées verticale et horizontale. La poussée verticale éloigne la fusée de la Terre et la composante horizontale donne au satellite sa vitesse horizontale. La vitesse horizontale de la fusée augmente jusqu'au moment où le satellite est libéré dans l'espace pour rejoindre son orbite.

> QUESTION 4

On a l'impression que la fusée monte d'abord lentement avant de se mettre à accélérer. Pouvez-vous expliquer pourquoi ?

// DISCUSSION

L'observation du mouvement de la fusée au moment du décollage est très intéressante. Appliquons les lois de gravitation énoncées par Newton pour expliquer ce qui se passe. Rappelez-vous que selon la première loi de Newton, un objet qui n'est pas soumis à une force nouvelle restera immobile ou continuera à se déplacer à vitesse constante en ligne droite. Pourtant, nous observons que pendant le décollage la fusée accélère. La force qui la propulse vers le haut doit donc être plus grande que la force de la Terre qui l'attire vers le bas.

La deuxième loi de Newton explique ce qui se passe quand une force résultante est appliquée sur un objet quelconque. Nous pouvons résumer cette loi dans l'équation suivante : $FR = m \cdot a$, équation dans laquelle FR est la force résultante, m est la masse et a est l'accélération de l'objet.

Nous pouvons conclure qu'une force appliquée à un objet provoque son accélération. Mais n'oublions pas que la force et l'accélération sont dépendantes aussi de la masse. Réfléchissons à présent à ce qui change quand on lance une fusée. Deux paramètres évoluent au cours du mouvement : la distance à la Terre et la masse de la fusée. Pouvez-vous identifier l'effet de ces facteurs sur l'accélération de la fusée ?

> DISTANCE DE LA TERRE

Plus la distance entre la fusée et la Terre grandit, plus la force d'attraction terrestre qui «tire» la fusée vers le bas diminue. Ceci signifie qu'il faut moins de poussée pour maintenir l'accélération de la fusée au fur et à mesure de son éloignement de la Terre.

> MASSE DE LA FUSÉE

Pendant le décollage, la fusée consomme le contenu de ses réservoirs. Elle libère également des éléments comme les boosters et les étages inférieurs qui tombent quelques minutes après le décollage. La masse de la fusée diminue ainsi assez rapidement, ce qui a pour conséquence de réduire aussi la force qui «tire» la fusée vers la Terre.

Si on combine ces deux effets, on voit que la force nécessaire pour assurer l'accélération d'une fusée diminue rapidement. C'est la mission des contrôleurs au sol de faire varier, pendant toute la séquence de décollage, la poussée des moteurs pour s'assurer que la vitesse finale à laquelle le satellite sera libéré dans l'espace lui permettra de rejoindre dans les meilleures conditions l'orbite visée.

02 Quelle orbite pour quelle mission ?

Les satellites obéissent aux lois physiques de la gravité universelle. Ils se déplacent sur des orbites précisément calculées pour leur permettre de remplir leur mission, et leur vitesse dépend de leur altitude.



> DIFFÉRENTS TYPES D'ORBITES

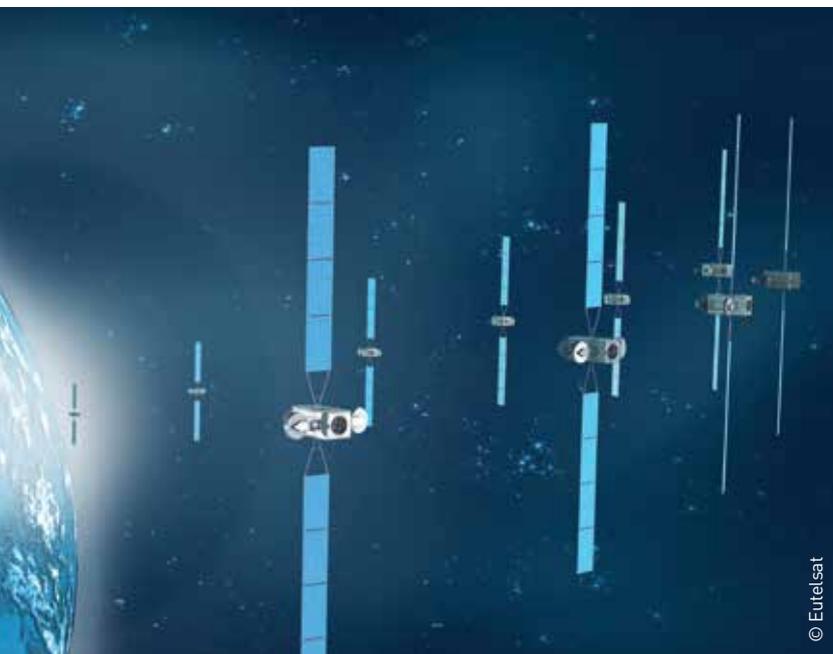
Un satellite en orbite basse se situe à une altitude comprise entre 100 et 2 000 km de la Terre. En orbite moyenne, il est entre 2 000 et 25 000 km et en orbite haute, son altitude est supérieure à 35 790 km. Un satellite en orbite géostationnaire est positionné à une distance précise de la Terre, 35 786 km. Chacune de ces orbites offre des conditions privilégiées pour certaines missions.

Sur une orbite polaire (fréquemment utilisée par les satellites d'observation en orbite basse), un satellite passe au-dessus des pôles Nord et Sud à chaque rotation alors que la Terre tourne sur elle-même. La conjugaison de ces deux mouvements lui permet de balayer le globe en entier, bande par bande, au cours d'une période allant de un à plusieurs jours, ce qui est idéal pour des missions de surveillance et d'observation de la Terre.

Sur l'orbite géostationnaire, un satellite reste, en revanche, en permanence à la verticale d'un même point de la Terre. En d'autres termes, il met, pour décrire un tour complet de notre planète, le même temps que met cette dernière pour effectuer une rotation sur elle-même. Le satellite doit être situé à une altitude de 35 786 km, à la verticale de l'équateur. Pour un observateur sur Terre, le satellite apparaîtra stationnaire dans le ciel.

Le positionnement d'un satellite sur l'orbite géostationnaire nécessite une grande précision et une approche graduelle. Cette orbite offre des avantages importants pour les satellites de communication. Sur cette orbite, le satellite «apparaît» fixe dans le ciel, ce qui nous évite d'avoir à régler nos antennes paraboliques pour trouver le signal chaque fois que nous voulons regarder la télévision !

Type d'orbite	Altitude	Principaux champs d'application
Orbite Basse	100 - 1200 km	Observation de la Terre. Téléphonie mobile. Météorologie. Recherche scientifique. Station spatiale internationale
Orbite Moyenne	1 200 - 25 000 km	Navigation
Orbite Géostationnaire	35 786 km	Télécommunications. Diffusion TV et Radio. Météorologie
Orbite Haute	Plus de 35 790 km	Recherche scientifique



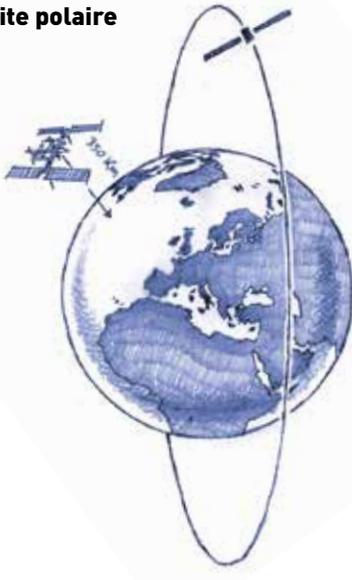
© Eutelsat

Comment positionner un satellite sur l'orbite géostationnaire ?

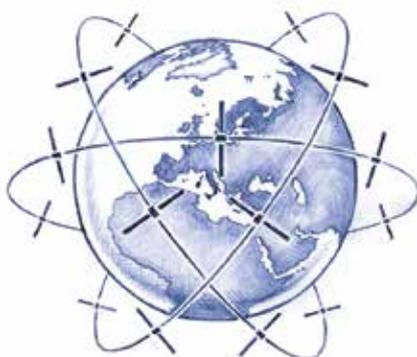
Certains satellites libérés par leur lanceur ont encore un long chemin à faire avant de rejoindre la position où ils commenceront à remplir leur mission. C'est, en particulier, le cas d'un satellite géostationnaire qui va mettre trois à quatre semaines pour atteindre sa position sur l'orbite géostationnaire située à près de 36 000 km au-dessus de l'équateur. (Voir illustration page 13).

La fusée ayant placé le satellite sur une orbite de transfert, les contrôleurs procèdent à un déploiement partiel des panneaux solaires qui avaient été repliés pour loger dans le carénage de la fusée. Ceci suffit à fournir au satellite l'énergie pour faire fonctionner les équipements électriques nécessaires à son voyage vers l'orbite visée. Après la séparation d'avec le lanceur, la trajectoire du satellite a une forme elliptique allongée. Grâce à une série d'allumages du moteur d'apogée, la trajectoire est corrigée pour finir par décrire un cercle. Arrivé sur l'orbite géostationnaire, le satellite ouvre complètement ses panneaux solaires. Il atteint alors une envergure d'environ 40 mètres (longueur de quatre bus). Les antennes embarquées sont ensuite déployées et le satellite commence à dériver jusqu'à rejoindre une position allouée sur l'orbite géostationnaire à laquelle il sera soumis à une série de tests avant sa mise en service commercial.

Orbite polaire



Orbite synchronisée



Orbite géostationnaire



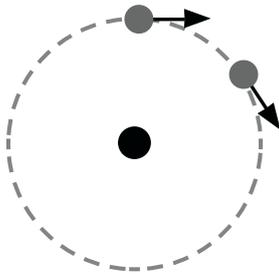
EN SAVOIR +

SUR LA SCIENCE LIÉE AUX ORBITES

Les orbites les plus simples à étudier sont les orbites circulaires. Le satellite circule à une vitesse constante autour d'un point central fixe (le centre de la Terre). Appliquons les lois de la dynamique de Newton pour expliquer ce qu'il se passe.

Pourquoi dit-on que le satellite est en chute libre ?

Nous savons qu'un objet reste immobile ou se déplace à vitesse et direction constantes sauf si une force nouvelle lui est appliquée. Dessinons le satellite sur son orbite circulaire. Nous pouvons indiquer à l'aide de flèches dans le dessin ci-dessous la vitesse et l'orientation du déplacement du satellite à deux positions différentes. On peut alors identifier que si les deux flèches ne changent pas d'amplitude (vitesse), elles changent en revanche de direction.



Qu'est-ce qui cause ce changement de direction ?

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, selon la première loi de Newton, il faut une force extérieure pour empêcher le satellite de se perdre tout droit dans l'espace. Dans quelle direction agit cette force perturbatrice ? Continuez à placer des flèches tout au long du cercle de l'orbite. Il apparaît alors que le changement de direction des flèches est toujours tourné vers le centre de la Terre, d'un angle constant au fur et à mesure que le satellite avance. Il doit donc exister une force qui tire le satellite vers le centre de la Terre à chaque point de son orbite. Cette force est celle de l'attraction exercée entre la Terre et le satellite. Même en orbite géostationnaire, à près de 36 000 km d'altitude, le satellite reste en effet soumis au champ gravitationnel de la Terre. On dit de cette force gravitationnelle qu'elle fait "tomber" en permanence le satellite vers la Terre comme une pomme tombe de l'arbre. On dit ainsi qu'un satellite est en "chute libre perpétuelle".

Remarquez que cette force vers le bas ne change pas l'amplitude de la vitesse du satellite. Comme aucune force n'agit dans cette direction, la vitesse horizontale du satellite reste constante. En ce sens, le mouvement du satellite suit la première loi de Newton.

Voici quelques questions supplémentaires que vous pouvez vous poser :

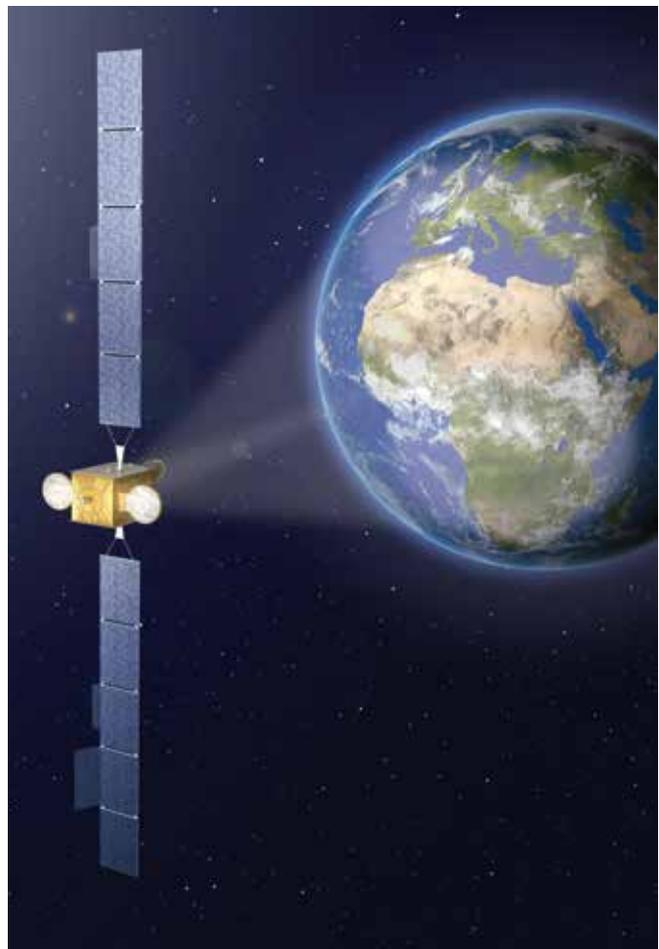
> QUESTION 1

Que signifie une position géostationnaire ?

// DISCUSSION

Si vous êtes sur un quai et qu'une amie se rapproche de vous dans un train qui roule à une vitesse de 5 m/s, vous pourrez observer leurs changements respectifs de position à chaque instant. Mais si vous étiez assis dans le train à côté de votre amie, vous diriez qu'elle ne change pas de position alors même que le train continue à avancer. Par rapport à vous, la position de votre amie ne change pas car vous êtes dans le même train, vous déplaçant à la même vitesse.

Donc, si un satellite situé au-dessus de l'équateur met pour parcourir son orbite le même temps que la Terre met pour tourner sur elle-même, la position semblera fixe à un observateur au sol. Géostationnaire signifie que, par rapport à la Terre, le satellite ne change pas de position. C'est pourquoi les satellites de communication placés en orbite géostationnaire peuvent dialoguer avec des antennes fixes sur la Terre. Mais si nous étions à une autre position dans l'espace, nous verrions que la Terre et les satellites se déplacent ensemble d'une manière parfaitement synchrone.



> QUESTION 2

Qu'est-ce que la distance de 35 786 kilomètres au-dessus de la Terre a de particulier ?

// DISCUSSION

Il y a une relation directe entre la distance au centre de la Terre et le temps que met un satellite en orbite pour effectuer une rotation complète (période). Cette relation a été proposée pour la première fois par le mathématicien allemand Johannes Kepler au 15^{ème} siècle.

Il en découle que la période de rotation d'un satellite placé à 35 786 kilomètres au-dessus de l'équateur (ou 42 160 km du centre de la Terre) est égale à un jour. C'est donc la même période que celle de la Terre. Un satellite qui serait placé à une autre distance de la Terre et/ou sur un autre plan que celui de l'équateur ne pourrait pas être géostationnaire.

> QUESTION 3

Les satellites sont-ils en situation de gravité zéro ?

// DISCUSSION

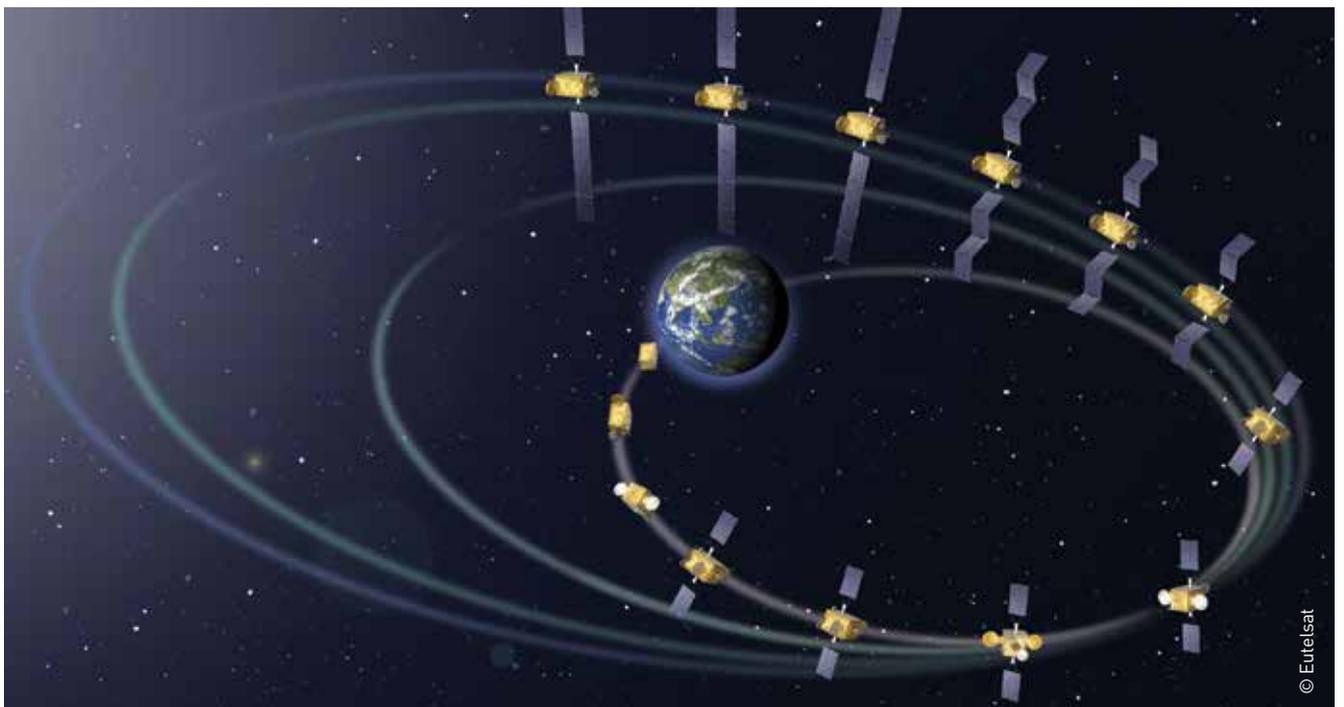
Cette idée très répandue est fautive. Le champ gravitationnel de la Terre ne s'arrête pas aux limites de l'atmosphère. Même la Lune, les astéroïdes, le soleil et les autres planètes sont concernés par la force gravitationnelle de la Terre. Tous les satellites subissent la force de gravitation. C'est même elle qui les maintient en orbite. Ils sont en chute libre constante avec une accélération vers le bas qui est égale à l'accélération de la gravitation à cette position. De même, les astronautes de la Station Spatiale Internationale qui sont dans le champ gravitationnel de la Terre sont soumis à cette situation d'apesanteur parce qu'ils sont aussi en chute libre perpétuelle.

Pourquoi les satellites comme Spoutnik 1 et SCORE ont-ils fini par retomber dans l'atmosphère terrestre ?

Même si l'atmosphère terrestre est en grande partie concentrée à proximité de la Terre, il y a beaucoup de traces de gaz atmosphériques à très haute altitude. Une altitude de 100 km (appelée ligne de Kàrmàn) est souvent considérée comme la séparation entre l'atmosphère et l'espace, mais en réalité l'atmosphère se raréfie progressivement au fur et à mesure que l'on s'élève.

Selon la hauteur à laquelle se trouve un satellite orbitant autour de la Terre, il peut rencontrer des traces résiduelles d'atmosphère, subissant ainsi un "frein" qui va ralentir sa vitesse. Le satellite se rapprochera alors de la Terre et pénétrera à nouveau dans l'atmosphère terrestre dans laquelle il va brûler avant de toucher le sol.

Plus l'orbite est haute, moins le satellite sera freiné et plus longtemps il restera en orbite. Les satellites peuvent rester en orbite pendant des siècles, longtemps après qu'ils aient fini de servir.



03 De quoi est fait un satellite et comment ça marche ?

Les satellites sont conçus pour fonctionner dans un milieu hostile, soumis au vide spatial, à des radiations et des contraintes thermiques extrêmes.



Les satellites ont tous une base en métal ou en matériaux composites (souvent beaucoup plus résistants que le métal). Celle-ci est habituellement appelée plate-forme ou châssis. Elle doit être extrêmement résistante et durable pour assurer sa rigidité dans l'espace et supporter les vibrations intenses du lancement. Elle doit être la plus légère possible. Elle doit protéger le satellite du rayonnement solaire et le maintenir à une température permettant le bon fonctionnement de ses instruments. Des protecteurs thermiques externes isolent et protègent le satellite d'un environnement hostile dans lequel les températures peuvent varier entre -150°C et $+150^{\circ}\text{C}$ en fonction de l'exposition au Soleil. Les panneaux d'aluminium avec surface radiative évacuent la chaleur produite par les équipements du satellite.

Les satellites ont tous besoin d'une source d'électricité et c'est le rôle des panneaux solaires. La quantité d'électricité qu'un satellite va consommer dépend de l'équipement embarqué et de sa mission. L'emploi de cellules solaires est très courant parce qu'elles peuvent utiliser l'énergie du Soleil disponible dans l'espace et la convertir en énergie électrique. Les batteries embarquées stockent l'énergie excédentaire pour constituer des réserves lorsque les panneaux solaires ne sont pas suffisamment alimentés, par exemple lors d'une éclipse de Soleil (lorsque la Terre est entre le Soleil et le satellite).

Tous les satellites possèdent un ordinateur qui suit et contrôle les différents systèmes. Ils sont également équipés d'un système radio et d'une antenne pour envoyer et recevoir des signaux vers les centres de contrôle au sol. C'est ainsi que depuis la Terre, il est possible de contrôler la position du satellite, commuter sur un équipement de rechange en cas de panne ou reprogrammer un système informatique. La station au sol est équipée d'antennes de grande taille et de forte puissance pour dialoguer avec le satellite. La plupart des satellites possèdent également un système de contrôle d'attitude qui maintient le pointage du satellite dans la bonne direction.

Une autre partie très importante du satellite est le système de propulsion. Ce système permet aux contrôleurs de la mission de corriger les petites variations de trajectoire du satellite. Ces manœuvres sont nécessaires pour compenser les irrégularités du champ gravitationnel qui résultent des mouvements du Soleil, de la Lune et d'autres planètes. Quand le satellite arrive en fin de vie opérationnelle, le système de propulsion est activé pour le transférer sur une orbite d'altitude plus élevée (appelée orbite de rebus) et libérer sa place pour de nouveaux engins.

À cette structure commune à la plupart des satellites, s'ajoutent les équipements de « charge utile » qui permettent à un satellite d'effectuer la



Comment les satellites communiquent-ils avec la Terre ?

Les satellites sont construits pour envoyer et recevoir des messages et des informations en utilisant des ondes électromagnétiques. La lumière est un exemple d'onde électromagnétique qui a des longueurs d'onde visibles à l'œil nu, mais il existe beaucoup d'autres longueurs d'onde ou de fréquences que nous ne pouvons pas voir. Les ondes radio ont une fréquence basse, inférieure à celle de la lumière visible. Les infrarouges sont d'autres exemples qui ont également des fréquences inférieures à celles de la lumière visible mais supérieures à celles des ondes radio. Des satellites dont la mission diffère recevront et transmettront des signaux dans des bandes de fréquences différentes du spectre électromagnétique mais, pour chaque liaison, il y aura toujours à un bout un émetteur pour envoyer le signal et, à l'autre bout, un récepteur pour le recevoir et le traduire en informations pouvant être interprétées.

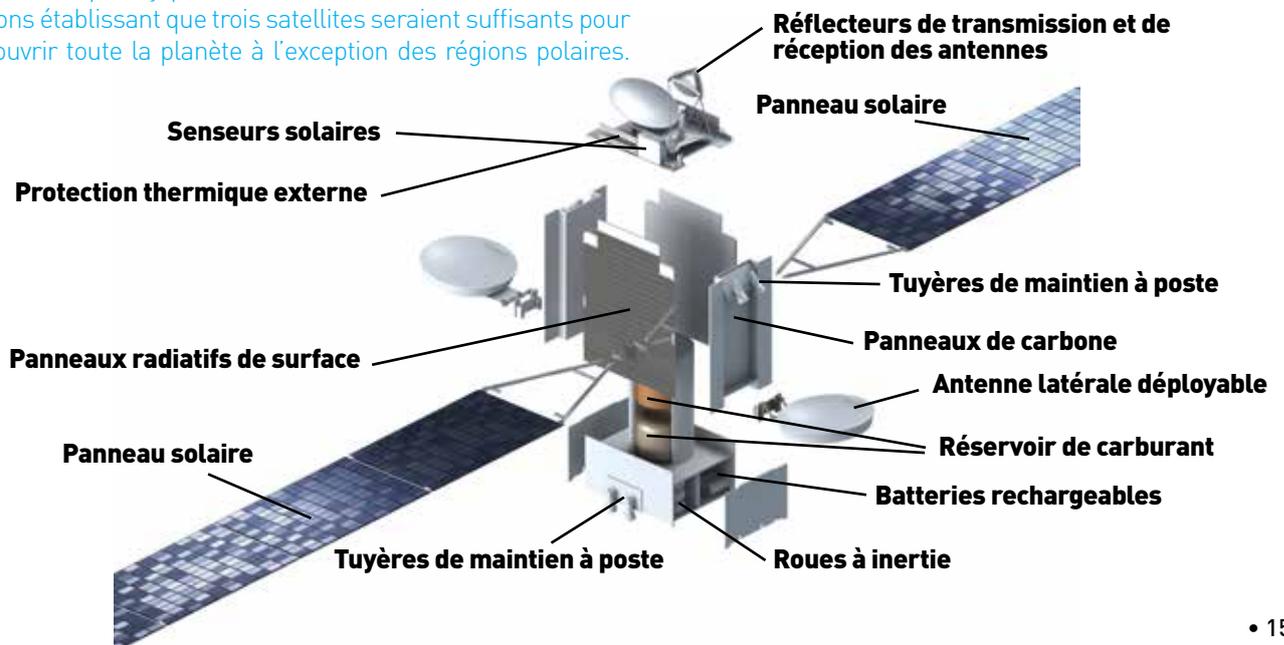
mission spécifique pour laquelle il a été conçu. La charge utile d'un satellite de télécommunications sera constituée de répéteurs et d'antennes radio pour recevoir un signal, l'amplifier et le retransmettre vers la Terre. Celle d'un satellite météorologique et d'un satellite d'observation de la Terre sera dotée de caméras, et les satellites scientifiques emporteront un ensemble d'instruments ou capteurs adaptés à la nature des informations à recueillir.

Afin d'éviter que les satellites de télécommunications ne se brouillent entre eux, l'utilisation des fréquences est coordonnée. Cette coordination entre opérateurs se fait dans le cadre d'une réglementation édictée par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), organisme dépendant des Nations Unies et basé à Genève.

LE SAVIEZ-VOUS ?

En 1945, l'écrivain britannique de science fiction Arthur C. Clarke (connu pour avoir écrit *2001 : l'Odyssée de l'Espace*), a été le premier à avancer l'idée d'utiliser l'orbite géostationnaire pour y placer des satellites de télécommunications établissant que trois satellites seraient suffisants pour couvrir toute la planète à l'exception des régions polaires.

Pour capter les signaux émis par un satellite, les récepteurs au sol sont équipés d'antennes dont la taille et la forme dépendent de plusieurs facteurs : la bande de fréquences utilisée, la puissance du signal à son arrivée et, le cas échéant, la nécessité de différencier un satellite d'un voisin proche utilisant les mêmes fréquences sur une même zone de couverture.



04 À quoi servent les satellites ?

Les satellites sont présents dans notre vie quotidienne. Les antennes de réception équipent de nombreuses maisons pour recevoir la télévision et nous utilisons fréquemment le "GPS" pour définir nos itinéraires. Mais les satellites font pour nous beaucoup plus que ces services les plus connus.



Balise Argos sur une tortue Ovalie

© CNES

> LES SATELLITES DE NAVIGATION (GPS)

Les satellites de navigation, tels que les satellites GPS (Global Positioning System), nous permettent de nous repérer et nous diriger n'importe où dans le monde à tout instant. Le GPS était à l'origine destiné à un usage militaire par le Département de la Défense des États-Unis, mais il a été rapidement ouvert à des applications civiles. En navigation aérienne par exemple, il a rendu les vols plus sûrs et la régulation du trafic plus simple. Il est aussi indispensable dans des situations de catastrophe pour aider les hommes à avancer sur un terrain inconnu.

Le système GPS se compose d'un réseau de 24 satellites. Les satellites font deux fois le tour de la Terre en l'espace d'une journée (environ 12 heures pour un tour) sur des orbites très précises, et transmettent des informations par signal radio à la Terre. Ils sont situés à environ 20 000 km au-dessus de nous et se déplacent à environ 14 000 km/heure.

Les signaux radio transmis par les satellites GPS sont captés par des petits récepteurs GPS qui peuvent être intégrés dans une automobile ou un téléphone mobile. Les informations émises par le satellite sont décodées dans le terminal. Elles indiquent de quel satellite elles proviennent, l'heure, la date et la position de l'engin en orbite. Toutes ces informations sont importantes pour calculer votre position.

Le récepteur doit recevoir un signal d'au moins trois satellites GPS pour pouvoir connaître votre latitude et longitude et suivre vos mouvements. Grâce à un quatrième satellite, vous connaîtrez également votre altitude. Le récepteur va calculer la distance vous séparant d'un satellite en interprétant le temps mis par le signal entre son émission et sa réception. Ainsi, s'il reçoit cette information de plusieurs satellites, il peut calculer exactement votre position. Il s'agit véritablement d'une question de géométrie ! Si vous n'avez reçu d'informations qu'en provenance d'un seul satellite, votre récepteur ne pourra pas vous en dire beaucoup sur votre position, sauf votre éloignement du satellite, ce qui ne sert à rien. Deux satellites permettent d'en savoir un peu plus sur la position, même si la marge d'erreur est encore grande. En ajoutant un troisième satellite à l'équation, vous pouvez savoir exactement où vous êtes. Une fois qu'un récepteur GPS a calculé votre position, il peut vous donner votre vitesse, la distance de votre destination et la durée qu'il vous faudra pour y parvenir.

Imaginez toutes les applications que ceci permet, y compris pour retrouver un véhicule volé !

Voyons maintenant quelques utilisations du GPS dans des domaines variés (associés à d'autres équipements) :



© CNES

Agriculture :

Les agriculteurs peuvent utiliser les informations GPS, en combinaison avec d'autres capteurs au sol, pour délimiter une surface cultivée qui doit être traitée ou irriguée. Cette agriculture de précision permet de ne pas traiter tous les champs avec les mêmes engrais, produits chimiques et de doser l'irrigation à ce qui est seulement nécessaire.

Environnement :

Le GPS sert à identifier les problèmes environnementaux et aider à les résoudre. Par exemple, les récepteurs GPS attachés aux balises océaniques contribuent, avec d'autres équipements, à repérer et mesurer l'ampleur des marées noires et à lutter contre elles. Les récepteurs GPS permettent de suivre les déplacements des espèces migratoires et des espèces en danger. Ainsi, les gorilles du Rwanda sont suivis par GPS en vue de protéger leur population.

Transports maritime, ferroviaire et aérien :

Les bateaux utilisent le GPS pour naviguer en haute mer comme à l'approche des ports. Le GPS est au cœur d'un système appelé Système d'identification automatique (AIS) qui identifie et suit les navires dans tous leurs déplacements. Celui-ci relaie les informations relatives à l'identité du navire, sa position ainsi que la nature de la cargaison transportée. Les GPS contribuent également à la régulation du trafic ferroviaire qui réduit les risques d'accident. Dans l'aviation, le GPS aide à la fois les pilotes dans leur navigation, mais également les contrôleurs aériens pour la régulation du trafic.

Opérations de sauvetage et de secours :

Le GPS joue un rôle important dans les opérations de sauvetage et de secours lorsque des catastrophes naturelles se produisent, comme les tsunamis, les tremblements de terre et les ouragans. En recoupant les informations du GPS avec d'autres données, il est possible de cartographier la région pour apporter l'aide nécessaire dans la zone touchée, et également de cartographier les dégâts dans la zone. Dans le cas de feux de forêts, les avions combinent le GPS et des capteurs infrarouges pour faire une carte des foyers des incendies. Ceci aide les sapeurs-pompiers à combattre les incendies plus efficacement.

Arpentage et cartographie :

Associé à d'autres outils de systèmes d'information géographique (SIG), le GPS est un outil indispensable pour dresser précisément une carte ou effectuer un relevé topographique. Ceci est tout autant vrai pour l'étude du fond des océans où, combiné avec le sonar, il sert à mesurer la profondeur de l'océan et repérer les écueils qui constituent des dangers à la navigation.



© CNES

Sports et loisirs :

Le GPS a rendu les activités en plein air plus faciles et sûres. Il est notamment utilisé dans des sports comme le cross-country, la voile, ou encore le golf, où le GPS indique la distance qui vous sépare du trou !

Mesure du temps :

Basé sur un principe de différentiel de temps, le GPS non seulement vous localise mais il vous donne en plus l'heure avec une très grande précision ! Il constitue ainsi un outil très précieux pour les institutions financières qui peuvent synchroniser leurs réseaux informatiques dans le monde entier et tracer avec fiabilité les transactions.

Avez-vous pensé à d'autres missions que les satellites de navigation pourraient nous offrir ? Il s'en crée en permanence !

> LES SATELLITES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS

Les satellites de télécommunications sont capables de relier n'importe quel point du globe au reste du monde. Ils ont accompagné l'essor des communications longue distance et transformé la télévision en y faisant circuler l'information en temps réel et en la rendant accessible même dans les endroits les plus isolés.

Les satellites de télécommunications fonctionnent comme les antennes relais terrestres, à la différence qu'ils sont placés en orbite. Les signaux envoyés depuis un point de la Terre (liaison montante) sont renvoyés par le satellite vers un ou une infinité d'autres points de la Terre

(liaison descendante). Le satellite est équipé de répéteurs dont le rôle est de recevoir via une antenne le signal montant à une fréquence donnée, de l'amplifier et de le renvoyer vers la Terre en ayant changé la fréquence pour éviter les interférences avec la liaison montante. Les équipements sol et satellite sont dimensionnés pour respecter le principe d'un bilan de liaison qui veut que plus l'antenne de réception est petite, plus l'antenne d'émission doit être grande et vice-versa. Ainsi, pour la télévision, les programmes sont émis vers les satellites par les opérateurs via de grandes antennes (environ 5 à 10 mètres de diamètre) pour être reçus par des petites paraboles de moins de 1 mètre de diamètre installées sur les toits ou dans les jardins des maisons.

Les satellites de télécommunications fournissent quatre grands types de services : la téléphonie, la diffusion de contenus (programmes de télévision), l'échange de données pro-fessionnelles pour les entreprises et l'accès Internet dans les zones isolées. La téléphonie par satellite permet de relier un site non desservi par un réseau terrestre (site isolé en montagne, en forêt, dans les déserts, plate-forme en mer, bateau, avion...) ou restaurer dans l'urgence des réseaux de communications détruits par une catastrophe. Certains satellites sont exploités en orbite basse comme les 66 satellites d'Iridium qui alimentent en direct des téléphones mobiles avec une couverture mondiale, Afrique incluse. D'autres sont en orbite géostationnaire, comme la flotte des satellites d'Eutelsat qui couvre notamment toute l'Europe et l'Afrique. Disposant d'importants débits, ces satellites permettent d'installer une cabine téléphonique, un émetteur GSM ou un accès Internet dans des endroits isolés en les raccordant, via satellite, aux réseaux terrestres dont ils sont éloignés.

Le métier le plus connu des satellites géostationnaires est la diffusion de la télévision. Les satellites permettent à la fois d'alimenter les émetteurs des réseaux terrestres et de diffuser la télévision en direct vers les foyers équipés d'une antenne parabolique. L'antenne doit être précisément pointée dans la direction du satellite qui diffuse les programmes, comme par exemple vers le satellite EUTELSAT 36A, situé à la position 36° Est, pour recevoir le bouquet DStv. Les signaux satellites sont cryptés. Il faut donc s'équiper d'un décodeur pour afficher les programmes sur l'écran de télévision. C'est vrai pour les chaînes gratuites comme pour les bouquets qui proposent des abonnements.



Quelques questions pour poursuivre votre réflexion :

> QUESTION 1

Pouvez-vous calculer le temps que mettra un signal de télévision retransmettant un match en direct depuis un stade à Nairobi pour arriver jusqu'à sa régie de télévision en passant par le satellite EUTELSAT 36A situé à 36° Est (soit la même longitude que Nairobi) ? La distance entre le stade et la régie de télévision est de 10 km, donc négligeable dans votre calcul.

// DISCUSSION

Deux points importants doivent être pris en compte :

Point n°1 : le signal de télévision qui part de l'équipe de reportage vers le satellite et redescend vers la régie se déplace à la vitesse de la lumière soit $3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Point n°2 : La distance qui sépare le satellite de ces deux lieux est d'environ 36 000 km.

SOLUTION :

La distance de l'équipe de reportage au satellite est : $3,6 \times 10^7 \text{ m}$

La distance du satellite à la régie est : $3,6 \times 10^7 \text{ m}$

Distance totale : $7,2 \times 10^7 \text{ m}$

Temps = Distance / vitesse = $7,2 \times 10^7 \text{ m} / 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
= 0,24 seconde

On dit donc qu'il faut environ $\frac{1}{4}$ de seconde pour relayer un signal qui passe par un satellite géostationnaire entre deux points de la Terre.

> QUESTION 2

Pourquoi les antennes de télévision par satellite ont-elle une forme courbe ?

// DISCUSSION

Une antenne satellite a en effet une forme parabolique. Quand les signaux parallèles qui viennent du satellite frappent l'antenne, les ondes sont réfléchies (application des lois de la réflexion). La forme parabolique de l'antenne fait converger toutes les ondes en un point unique, le foyer. Regardez bien l'antenne et vous verrez qu'il y a une tête de réception positionnée justement au foyer de la parabole. Si vous visitez un centre de télédiffusion, vous verrez que les grandes antennes d'émission ont la même forme.

Les satellites qui diffusent la télévision sont tous situés sur l'orbite géostationnaire à 35 786 km au-dessus de l'équateur. Sur cette orbite, ils peuvent desservir une infinité d'antennes fixes à l'intérieur d'une zone de couverture qui peut englober tout un continent, comme l'Afrique. Ils sont, chacun, placés à une position précise sur l'orbite géostationnaire. Comme ils se déplacent tous à la même vitesse, sur un cercle unique dont la période est synchronisée avec celle la Terre, ils ne se heurtent pas. Les positions des satellites sur cette orbite sont coordonnées par des accords internationaux, à propos desquels vous trouverez plus d'informations dans la suite de ce guide.

Un autre important rôle des satellites de télécommunications est le transport de données. Ils permettent d'interconnecter les entreprises avec leurs sites isolés, de diffuser dans le monde entier les cours de bourse en temps réel ou les dépêches des agences de presse, d'établir une connexion à l'Internet à haut débit en tout point de la planète, de connecter les dispensaires ruraux aux hôpitaux pour avoir l'avis de spécialistes. Les services de vidéoconférence par satellite peuvent aussi éviter des déplacements coûteux et assurer un partage du savoir à travers les programmes de télé-enseignement et d'universités virtuelles. Aujourd'hui, un volume important de trafic Internet transite par l'intermédiaire des satellites.

Les satellites de télécommunications utilisent des bandes de fréquences comprises entre 1 et 50 gigahertz pour transmettre et recevoir des signaux. Ces bandes sont distinguées au moyen de lettres différentes : bandes V, Ka, Ku, X, C, S, L (de la plus haute à la plus basse fréquence). L'usage d'une bande de fréquences hautes permet de réduire la taille des antennes de réception. Néanmoins, une fréquence haute perd plus d'énergie au cours de son trajet dans l'espace. On compense cette perte par une concentration de puissance sur des zones de couverture moins étendues.

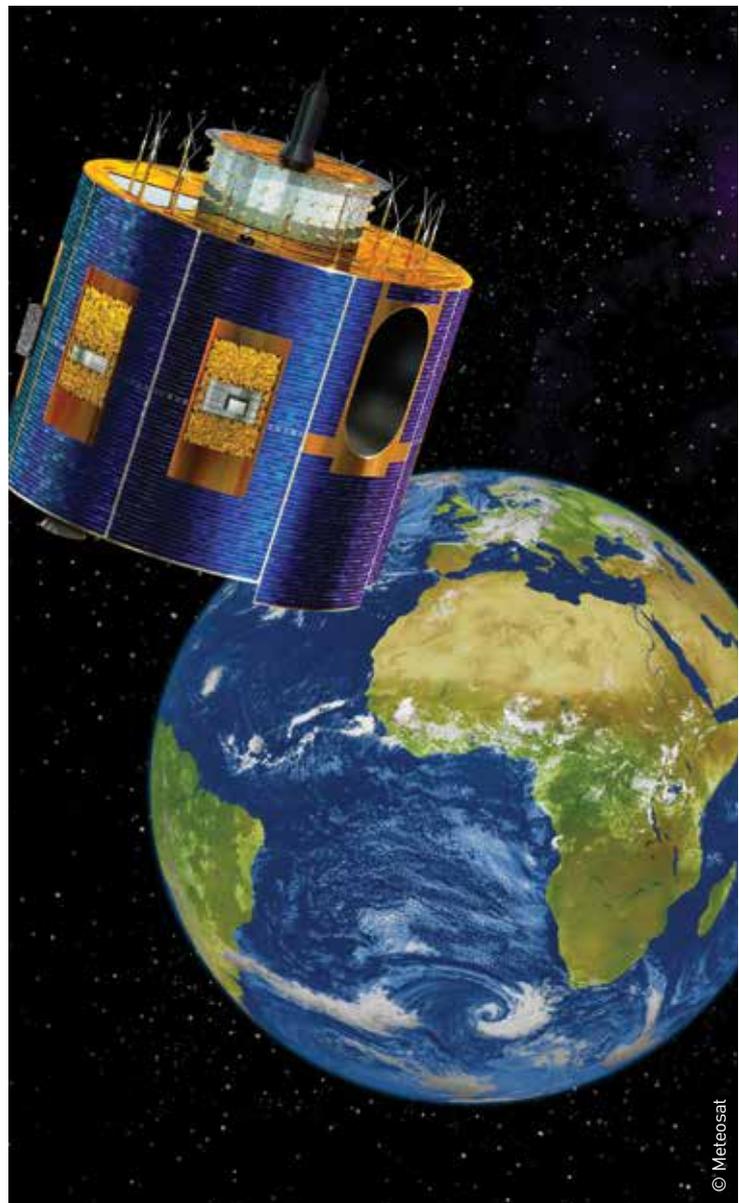
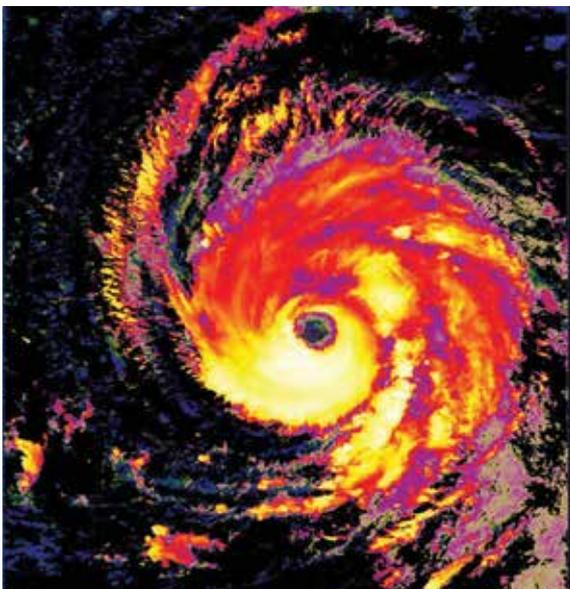


> LES SATELLITES MÉTÉOROLOGIQUES

Les satellites météorologiques aident les météorologues à prévoir le temps. Ils sont équipés de caméras et de capteurs qui nous renvoient des images et détails sur les masses d'air qui entourent notre planète. Les images de ces satellites nous donnent des informations sur les tempêtes, les fronts, la direction et la vitesse des vents en altitude. Ils aident les météorologues à prévenir les ouragans et les tornades. Les tempêtes sont ainsi suivies par des images en rayon visible et des images infrarouges. Les premières nous montrent les formations nuageuses mais aussi les incendies et la pollution. Les secondes nous indiquent la quantité de chaleur renvoyée par les nuages et par la Terre. Ceci nous informe sur la température de la Terre et de l'eau, mais également permet de suivre l'évolution des tempêtes en identifiant la température des différentes couches d'air.

Certains satellites météorologiques sont géostationnaires. Ils montrent des images de l'ensemble de l'hémisphère situé au-dessous d'eux. D'autres sont placés en orbite polaire et balayent la Terre toute entière en 12 heures, bande après bande, pour nous informer sur la température, l'humidité et la position des nuages.

Ces satellites nous donnent également de précieuses informations sur le changement climatique en suivant l'évolution de la température des océans, les routes des courants et l'évolution des glaces dans les régions polaires. Ils nous donnent des modèles à long terme sur les régimes de précipitations et sur l'émission de gaz à effet de serre et nous montrent l'impact d'un réchauffement ou d'un refroidissement de notre planète.



Ouragan Isabel (Image MERIS)



Nébuluse de la tête de cheval (téléscope Hubble)

> LES SATELLITES SCIENTIFIQUES

Les satellites scientifiques réalisent une grande variété de missions scientifiques. Ils rassemblent des données d'observation de l'atmosphère terrestre, des étoiles, du Soleil et de l'espace. Ils surveillent, par exemple, l'ozone de l'atmosphère qui protège la Terre du rayonnement solaire et mesurent les différents niveaux de rayonnement. Les satellites astronomiques nous informent sur ce qui se passe dans l'espace lointain. Ils ressemblent à de grands télescopes dans l'espace et n'ont pas à se préoccuper de l'atmosphère qui masque la vue de nos observatoires sur Terre. Ainsi, le télescope Hubble nous donne de magnifiques photographies des étoiles, galaxies, nébuleuses, supernova depuis 1990. Ces satellites utilisent différentes longueurs d'ondes pour rapatrier ces images. La météorologie spatiale



Galaxie Andromède (observatoire spatial HERSCHEL)

est une discipline récente qui assure un suivi continu de l'état du Soleil et des environnements spatiaux naturels, afin de prévoir les perturbations qui pourraient avoir d'éventuels effets sur les systèmes biologiques et technologiques de notre planète.

> LES SATELLITES DE RECHERCHE ET DE SAUVETAGE

Ces satellites peuvent sauver des vies. Ils sont capables de détecter des signaux d'urgence provenant de navires, avions, etc. dans des lieux dangereux ou isolés. Si un satellite capte un signal d'urgence et le transmet sur Terre, des calculs mathématiques permettent d'en déduire les coordonnées correspondantes pour lancer les secours.

> LES SATELLITES DE SURVEILLANCE OU SATELLITES ESPIONS

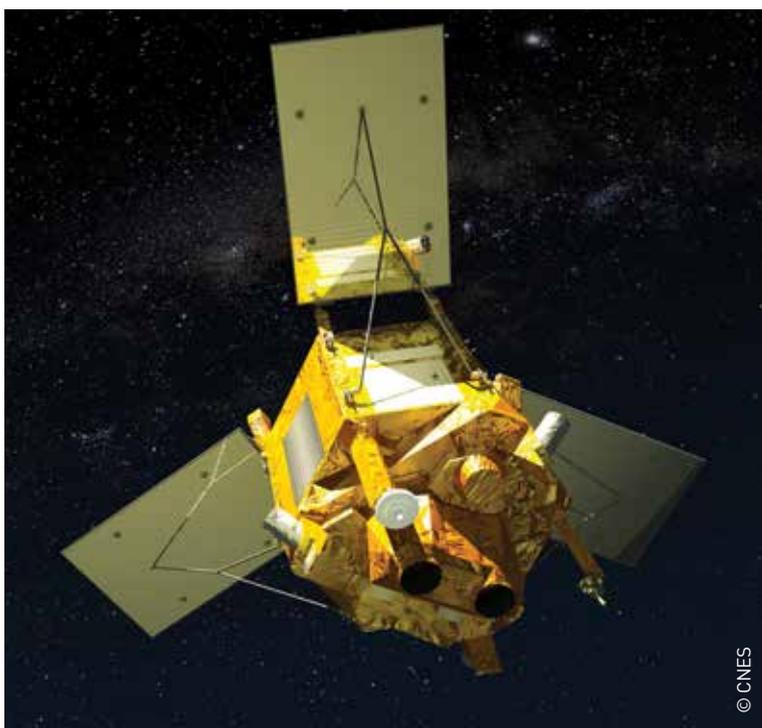
Ces satellites prennent des photographies de lieux, possèdent des détecteurs infrarouges pour identifier des objets dans l'obscurité, et sont capables de capter des transmissions radio. Les satellites militaires recueillent des renseignements secrets et sont notamment essentiels pour la connaissance des terrains, mais leurs activités sont hautement confidentielles.

> LES SATELLITES D'OBSERVATION DE LA TERRE

Les satellites d'observation de la Terre nous aident à observer la surface terrestre. Les images peuvent être prises à différentes longueurs d'onde pour donner différents types d'information. Ces données doivent être traitées par des systèmes informatiques pour devenir des informations exploitables.

Les satellites d'observation nous aident à surveiller notre environnement naturel ainsi que l'environnement que nous construisons, et les évolutions au cours du temps. Leurs informations sont essentielles dans de nombreux domaines comme la production alimentaire, la gestion de l'eau et des ressources naturelles, la gestion des catastrophes, l'aménagement du territoire, l'urbanisation, la protection des populations et des espèces sauvages, la sécurité civile.

Deux exemples de satellites d'observation de la Terre sont les satellites SPOT et les satellites Landsat. Les satellites SPOT sont sur des orbites polaires à environ 800 km d'altitude. Les satellites Landsat sont placés en orbite quasi-polaire héliosynchrone à une altitude de 705 km au-dessus de la Terre. Héliosynchrone signifie que le satellite prend des photos de la même latitude aux mêmes heures chaque jour, pour que les scientifiques puissent comparer les données du même endroit dans des conditions de luminosité similaires. Les satellites à orbite polaire, comme SPOT et Landsat, prennent des images de la Terre de meilleure résolution que les satellites géostationnaires qui sont à une altitude bien supérieure au-dessus de la Terre.



Les satellites d'observation de la Terre nous sont utiles dans de nombreux domaines.

En voici quelques-uns :

Gestion des ressources minérales et de l'eau :

Les satellites d'observation de la Terre peuvent détecter les ressources minérales. Les photographies prises peuvent nous montrer des fractures dans les roches non visibles depuis le sol, pour permettre aux géologues de localiser les gisements de minerais ou de pétrole. L'eau fait partie des ressources rares et les satellites de ce type peuvent contribuer à cartographier la répartition des eaux de surface, à mesurer la qualité de l'eau et à déterminer le contenu des nappes phréatiques.

Surveillance de l'environnement, préservation et étude d'impact :

Les informations des satellites d'observation de la Terre aident à cartographier et surveiller l'environnement. Ils nous informent sur l'évolution des territoires, et notamment de la végétation, de l'érosion ou de la contamination des sols, de l'habitat, de la migration des espèces sauvages et des phénomènes de désertification. Des stratégies de préservation de la nature peuvent être élaborées en exploitant ce type d'information. Les satellites d'observation de la Terre aident à gérer les catastrophes environnementales en détectant et surveillant l'ampleur des marées noires, la pollution atmosphérique et les feux de forêt et en étudiant les courants océaniques et aériens.

Agriculture et sylviculture :

Les satellites d'observation de la Terre peuvent cartographier le type de cultures dans une région et aider à prévoir le rendement des récoltes. Ils peuvent nous informer sur l'état de santé des cultures et détecter la propagation des maladies dans les cultures et les forêts. Les photographies infrarouges peuvent nous montrer le niveau de sécheresse d'une région, dans la mesure où le niveau d'infrarouge renvoyé au satellite permet de déterminer la quantité d'eau à l'endroit observé. Ceci aide les agriculteurs à prévoir les sécheresses. Les satellites d'observation peuvent également prévenir la crue d'un fleuve. Toutes ces informations peuvent aider les gouvernements à anticiper les pénuries de nourriture pour que des plans d'urgence soient élaborés. Utilisés pour cartographier les réserves forestières, ces satellites ont permis de mieux gérer ces ressources rares et de lutter contre l'exploitation illégale dans de nombreux pays.



Principe de fonctionnement de l'instrument HRS de Spot 5

Répression des activités illégales :

Les satellites d'observation de la Terre peuvent repérer la culture de drogues. Ils peuvent apporter des preuves quand un navire pollue les eaux ou repérer les pêches illégales.

Urbanisation :

L'urbanisation est un des grands défis environnementaux de notre planète. Ce mouvement induit des changements dans le paysage, les surfaces agricoles, la végétation, le cycle de l'eau, etc. Les données récoltées par les satellites sont traitées par des modèles informatiques pour montrer l'impact de l'urbanisation sur l'énergie et l'eau. Elles peuvent montrer comment les bâtiments et d'autres structures en béton créent des surfaces imperméables qui font que les précipitations ne peuvent pas pénétrer dans le sol et donc finissent dans les rivières, concentrant la pollution et entraînant l'érosion des sols. L'urbanisation affecte les régimes de précipitation et doit aussi être suivie pour cela.

Le Système mondial des systèmes d'observation de la Terre (GEOSS), dont plusieurs pays africains sont membres, constitue un réseau mondial commun d'informations environnementales. Il vise à accroître le partage d'informations mais aussi l'efficacité des observations faites par les satellites pour apporter des réponses aux enjeux de notre planète. Neuf domaines sont concernés : protection contre les catastrophes naturelles et humaines, compréhension des sources environnementales des risques sanitaires, gestion des ressources naturelles, réponse au changement climatique et à ses impacts, sauvegarde des ressources hydriques, amélioration des prévisions météorologiques, gestion des écosystèmes, promotion d'une agriculture durable et préservation de la biodiversité.



Téléométrie laser par satellite :

La téléométrie laser par satellite (SLR) mesure la distance précise à des satellites donnés au moyen d'impulsions laser. Le temps nécessaire pour que l'impulsion laser atteigne le satellite, se réfléchisse et revienne à la station SLR donne la mesure de la distance précise du satellite. Ceci donne non seulement des informations sur l'orbite précise du satellite, mais il livre également des informations scientifiques très importantes sur la Terre et son centre de masse, son champ de gravité, et d'autres informations géodésiques importantes.

Il y a encore bien d'autres applications des technologies satellitaires. Pouvez-vous en citer quelques-unes ou en imaginer de nouvelles ?



Cyclone heurtant Amani (Japon)

05 Qui peut placer un satellite en orbite et où ?

La coordination entre opérateurs de satellites se fait dans le cadre d'une réglementation édictée par l'Union Internationale des Télécommunications, organisme dépendant des Nations Unies.



Pour répondre à cette question, il nous faut revenir en arrière et distinguer les différents types d'orbite. Les satellites placés en orbite basse ou moyenne peuvent généralement être lancés n'importe où en orbite, en raison de l'altitude infinie et des multiples positions possibles. Cependant, des calculs doivent être faits pour s'assurer qu'un satellite lancé ne heurtera pas un autre engin en orbite.

En revanche, les satellites géostationnaires gravitent tous en orbite à la même altitude, sur un cercle unique situé à près de 36 000 km au-dessus de l'équateur où la place est limitée pour les nouveaux satellites. Une agence des Nations Unies a la mission d'optimiser l'usage de cette orbite, de coordonner et d'allouer les fréquences dans le cadre d'un enregistrement rigoureux des demandes afin d'éviter les interférences. Cette agence s'appelle l'Union Internationale des Télécommunications (UIT).

L'UIT compte 193 pays membres et plus de 700 entités du secteur privé et institutions universitaires de par le monde. L'UIT organise la Conférence mondiale sur les radiocommunications tous les deux à quatre ans, et c'est à cette occasion que les fréquences peuvent être attribuées pour des demandes relatives à des applications précises, sur des zones de couvertures définies.

Lorsqu'un satellite est lancé, les liaisons fournies sont soit réservées à un usage strictement confidentiel (par exemple dans le cas de satellites militaires), soit exploitées dans le cadre de services commercialisés par des sociétés (diffuseurs de chaînes de télévision, opérateurs de téléphonie, d'accès Internet, de réseaux d'entreprise, de services météo, etc.). Les informations peuvent également être partagées entre pays par l'intermédiaire d'accords, ou encore mises à disposition du public (par exemple, les images satellites produites par la NASA sont publiées par l'Observatoire de la Terre et sont librement accessibles au grand public).

> LA COOPÉRATION ENTRE PAYS

Des groupes de coopération internationaux se sont formés pour optimiser l'exploitation des données satellites. Ceci est important dans la mesure où la technologie satellitaire est onéreuse et il est important d'en tirer le meilleur parti. Le Comité sur les Satellites





© SEA LAUNCH

d'Observation de la Terre (CEOS) a été fondé en 1984. Il vise à renforcer la coopération internationale et à coordonner les données d'observation de la Terre pour qu'elles soient mises au bénéfice de tous. Deux pays africains font partie du collège des 30 membres du CEOS : le Nigéria, via son Agence nationale de recherche et de développement spatial (NASRDA), et l'Afrique du Sud, via l'Agence spatiale nationale sud-africaine (SANSA). La Direction des opérations spatiales de la SANSA et le Programme des Nations Unies pour l'environnement du Kenya sont des membres associés du CEOS. Le Groupe sur les observations de la Terre (GEO) a des objectifs similaires. Le GEO a 88 membres au total, dont plusieurs pays africains : l'Afrique du Sud, l'Algérie, le Burkina Faso, le Cameroun, la Centrafrique, la République du Congo, la Côte d'Ivoire, l'Égypte, l'Éthiopie, le Gabon, le Ghana, la Guinée-Bissau, la Guinée, Madagascar, le Mali, Maurice, le Maroc, le Niger, le Nigeria, le Soudan, la Tunisie et l'Ouganda. Le GEOSS est une initiative du GEO qui vise à fournir aux responsables politiques et aux scientifiques des données d'observation de la Terre pour faire face aux défis actuels de nos sociétés.

Plus spécifique à l'Afrique, la Constellation satellitaire pour la gestion des ressources africaines (ARM) a été formée en décembre 2009 grâce à un Mémoire d'entente signé par les gouvernements de l'Afrique du Sud, du Kenya, de l'Algérie et du Nigeria. La constellation prévue comprendra des satellites appartenant à chacun de ces pays, et fournira des informations partagées pour la gestion des catastrophes, la sécurité alimentaire, la santé publique, les infrastructures, l'occupation des sols et la gestion des ressources hydriques.

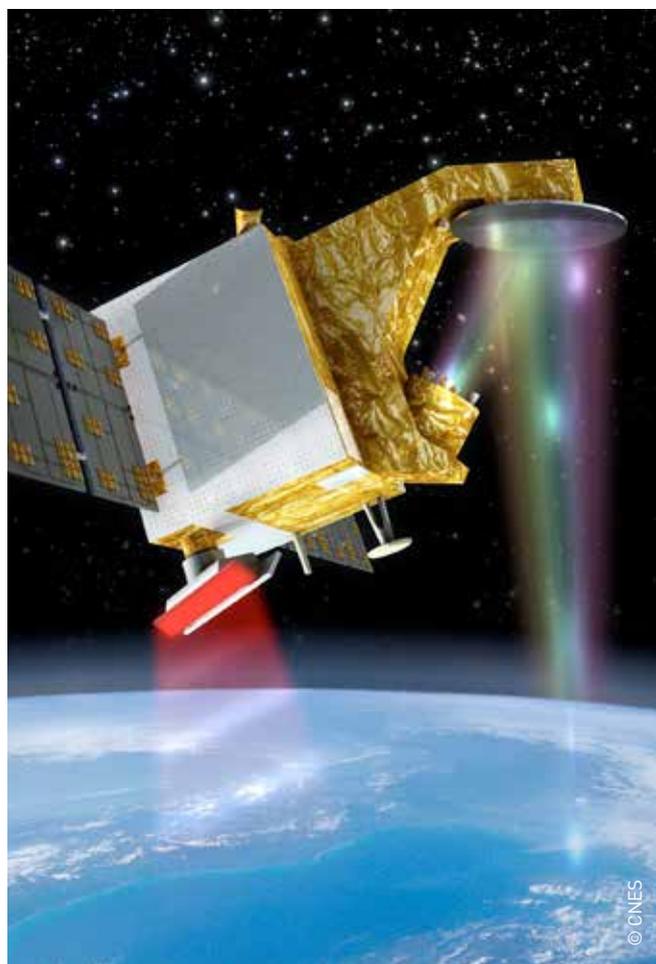


© Eutelsat

Concours DStv Eutelsat Star Awards : Recommandations pour les enseignants et les étudiants



© Thales Alenia Space



© CNES



© ArianeSpace

THÈME DU CONCOURS 2013

Imaginez que vous ayez le droit d'utiliser tous les satellites qui tournent dans l'espace. Que feriez-vous avec eux qui puisse bénéficier à votre communauté, à votre pays ou à votre continent ?

Développer trois priorités.

> CHOISIR VOS SUJETS

Utilisez les informations de ce livret pour réfléchir à ce que les satellites peuvent faire pour nous. Identifiez ensuite quelques sujets prioritaires pour votre communauté, votre pays ou pour le continent africain. De quelle manière pensez-vous que les satellites pourraient aider votre communauté, votre pays ou votre continent à agir sur ces priorités ? Approfondissez les sujets que vous aurez sélectionnés pour convaincre le jury de votre bonne connaissance des problématiques et des solutions à mettre en œuvre. Voici quelques exemples de questions pour vous aider à démarrer votre réflexion :

- Les satellites peuvent agir comme des « yeux dans le ciel ». Ceci peut-il aider votre communauté, votre pays ou votre continent à répondre à un besoin particulier ?
- Quels sont les défis de votre communauté, de votre pays ou de votre continent que les satellites pourraient aider à relever ?
- Il y a-t-il des domaines dans lesquels les systèmes de positionnement type GPS pourraient améliorer la manière dont les choses se font actuellement dans votre pays ? Vous vous poserez la même question pour les satellites de communication et d'observation de la Terre.
- L'Afrique est riche en ressources. Les satellites peuvent-ils aider à détecter et gérer ces ressources ?
- De nombreux territoires africains restent encore isolés. Les satellites peuvent-ils aider à rompre cet isolement et faire entrer ces communautés dans le « village mondial » ?
- Sur quels domaines les technologies satellitaires ont-elles un impact significatif ? Réfléchissez à leur impact sur l'économie, sur l'éducation, sur l'alimentation, sur la santé, etc ...
- Les satellites peuvent-ils aider à faire de votre communauté un endroit plus sûr ?
- Les satellites peuvent-ils aider à résoudre les problèmes environnementaux tels que la chasse des rhinocéros ou la pollution ?
- Les satellites peuvent-ils améliorer la sécurité du transport aérien en Afrique ?

Souvenez-vous que vous devez présenter trois domaines de priorité. Traitez les avec une même importance dans la structure de votre essai.

> MENER VOTRE RECHERCHE

Réfléchissez aux types de satellites les mieux placés pour aider à relever les priorités que vous aurez choisies. Creusez chaque sujet en identifiant la manière dont ces satellites peuvent être utilisés pour atteindre vos objectifs. Ayez recours aux livres et magazines pour enrichir votre réflexion et à l'Internet si vous y avez accès. Vérifiez vos sources, surtout sur Internet. Consultez votre enseignant pour vous conseiller sur les sources bibliographiques.

> ORGANISER CLAIREMENT ET DE FAÇON LOGIQUE VOS IDÉES

Vous pouvez réfléchir aux questions suivantes :

- Quelles sont les priorités économiques, sociales ou environnementales que vous avez sélectionnées et pourquoi sont-elles importantes ?

- De quels types de satellites avez-vous besoin pour agir sur ces priorités ? Précisez les applications qui vont contribuer à vous permettre d'atteindre vos objectifs ?
- Quels seront les bénéfices de votre action pour votre communauté, votre pays ou pour l'Afrique ?
- Où les satellites sélectionnés devront-ils être localisés pour remplir correctement leur mission ?
- Qui traitera l'information en provenance des satellites ?
- Qui bénéficiera de l'information donnée par les satellites ?
- De quelle manière l'information donnée par les satellites parviendra-t-elle aux personnes qui en ont besoin ?

Affiche :

- Elle doit être attrayante : une affiche neutre ne retient pas l'attention !
- Produisez vos propres illustrations et n'utilisez pas de photo ou d'illustrations de magazine.
- Si vous mettez du texte dans l'affiche : la taille des caractères devra être suffisamment grosse pour que les gens puissent lire le texte à petite distance.
- Votre affiche doit illustrer le thème de l'année.
- Elle doit être accompagnée d'un résumé sur votre réflexion créative. Ce résumé doit informer le jury du thème choisi (priorités et solutions), de votre choix de représentation des messages que vous voulez faire passer et des références qui ont alimenté votre réflexion.

Essai :

Pour l'essai, vous devrez alors remplacer les couleurs par des mots. Choisissez bien votre vocabulaire !

Toutes les rédactions se présentent ainsi :

- 1. Introduction :** Cette partie doit présenter votre angle de réflexion. Elle est votre premier contact avec le lecteur et doit ainsi lui donner envie de découvrir la suite.
- 2. Développement :** Le corps d'une rédaction est divisé en plusieurs paragraphes. Vous développerez dans cette partie les thématiques choisies en vous aidant de la liste de questions ci-dessus. Rédigez de manière logique pour rendre votre texte fluide. Les phrases doivent comporter en moyenne 15 à 25 mots.
- 3. Conclusion :** Cette partie doit rassembler vos idées principales. C'est ce dont le lecteur gardera le souvenir et c'est votre dernière chance de le séduire !

Pour rappel, les œuvres doivent respecter les formats suivants :

Pour les essais :

- Langues acceptées : anglais, français et portugais.
- Longueur: entre 1 200 et 1 400 mots (hors références bibliographiques) et pages numérotées.
- Format : police Arial 12, interligne de 1,5 ou, si écriture manuscrite, parfaite lisibilité.
- Seules les participations soumises sur papier sont acceptées.
- L'essai peut contenir des illustrations ou des graphiques.
- Il doit être accompagné, en fin de document, de la liste des références bibliographiques.

Pour les affiches :

L'affiche doit traiter le sujet du concours 2013. Elle doit être accompagnée d'un commentaire sur la réflexion créative dans le format suivant (parfaite lisibilité demandée si écriture manuscrite) :

- Titre
- Résumé de l'idée ou du concept
- Références (liste de toutes les ressources consultées pour la préparation de l'œuvre)
- Taille maximale A3 (42 cm X 29,7 cm).
- Seules les œuvres remises sur papier seront admises.
- Langues acceptées : anglais, français et portugais.

Bonne chance !

