

L'espace en questions Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre
"Comment ça marche et à quoi ça sert ?"

12 manipulations interactives
pour découvrir en expérimentant

80 m² d'exposition à monter
et des idées d'ateliers pour l'enrichir

Panneaux d'exposition réalisés par le CNES,
Service Culture Spatiale,
avec le concours de Johan Langlot et Marie Révillion
Manipulations interactives conçues par Centre·Sciences,
CCSTI région Centre,
réalisation Caroline Bourlier



L'espace en questions Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"

1. L'espace...
Comment ça marche ? À quoi ça sert ?
2. L'espace... **un milieu hostile**
L'espace est-il très loin de la Terre ?
3. L'espace... **une histoire de gravité**
Pourquoi les spatonautes flottent-ils dans l'espace ?
4. Accéder à l'espace... **action-réaction**
La fusée s'appuie-t-elle sur l'air pour se déplacer ?
5. Accéder à l'espace... **le lanceur**
Y a-t-il un pilote dans la fusée ?
6. Accéder à l'espace... **les lanceurs dans le monde**
Toutes les fusées envoient-elles des hommes dans l'espace ?
7. Accéder à l'espace... **Ariane**
Ariane, une fusée française ?
8. En route pour l'espace...
Comment prépare-t-on un lancement d'Ariane 5 ?
9. En route pour l'espace... **5, 4, 3, 2...**
Que devient la fusée Ariane 5 dans l'espace ?
10. Rester dans l'espace... **une question de vitesse**
Les satellites sont-ils immobiles dans l'espace ?
11. Rester dans l'espace... **sur une orbite**
Dans l'espace, les satellites peuvent-ils se perdre ?
12. Rester dans l'espace... **les satellites**
Comment fonctionne un satellite ?
13. L'espace pour... **communiquer**
Peut-on, grâce aux satellites, recevoir la télévision n'importe où ?
14. L'espace pour... **localiser**
Un satellite permet-il de savoir où je me trouve ?
15. L'espace pour... **observer la Terre**
Les satellites voient-ils comme nous ?
16. L'espace pour... **observer la Terre**
Mais que nous apprennent les satellites sur notre Terre ?
17. L'espace pour... **observer l'Univers**
Pourquoi étudier l'Univers depuis l'espace ?
18. L'espace pour... **explorer l'Univers**
Pourquoi envoie-t-on des sondes vers les autres planètes ?
19. L'espace pour... **expérimenter**
Pourquoi envoie-t-on des hommes dans les stations orbitales ?
20. Repères dans l'espace...
Où sont tous ces satellites ?
21. Pratiquer l'espace... **les acteurs**
Qui travaille pour l'espace ?
22. L'espace, demain... **des projets**
Quels sont les grands enjeux de demain ?
23. Pratiquer l'espace... **les activités jeunesse**
Et toi, que peux-tu faire ?

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



1. L'espace...

Comment ça marche ? À quoi ça sert ?

Aller dans l'espace, ce rêve fascine les hommes depuis toujours.

Aujourd'hui, il est devenu réalité, mais comment et surtout pour quoi faire ?

L'espace : un terrain d'expériences et de découvertes pour les scientifiques, d'aventure pour les jeunes et de rêve pour tous.

L'espace : un lieu d'observation privilégié pour étudier la Terre et aider l'homme à mieux en comprendre le fonctionnement, pour mieux la protéger et y vivre.



2. L'espace... un milieu hostile

L'espace est-il très loin de la Terre ?

La température d'un objet peut être très élevée ou très basse selon son exposition au Soleil. Les dangers sont multiples : débris se déplaçant à grande vitesse, particules et rayonnements dangereux... Le magnétisme terrestre et l'atmosphère, cette fine couche de gaz qui enveloppe notre planète, arrêtent les débris et les rayonnements dangereux. Dans l'espace, il n'y a plus d'air, plus de bruit, plus d'odeur, plus de vie : je suis à une centaine de kilomètres au-dessus de ta tête, tout est très différent ! L'atmosphère transporte les odeurs, les bruits et se laisse traverser par la lumière... mais, surtout, c'est l'air que tu respires.

L'espace commence juste au-dessus de l'atmosphère (à une centaine de kilomètres d'altitude), et s'étend à l'infini. C'est un milieu hostile et violent.

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



3. L'espace... une histoire de gravité

Pourquoi les spationautes flottent-ils dans l'espace ?

C'est la même force qui provoque la chute d'un objet sur le sol et qui maintient la Lune en orbite autour de la Terre : l'attraction terrestre.

Sur Terre, la sensation d'impesanteur est très brève et la fin risque rapidement d'être tragique ! L'attraction que la Terre exerce sur toi t'empêche de quitter le sol. Cette force se manifeste par la sensation de poids : c'est la pesanteur. Le sol joue le rôle d'obstacle. Si l'obstacle est retiré, tu tombes : tu es alors en impesanteur.

La pesanteur est due à l'attraction de la Terre.

Tu la ressens au contact d'un obstacle : le sol par exemple. L'impesanteur, c'est quand on retire l'obstacle : c'est la chute libre. C'est ce que subissent les spationautes.

4. Accéder à l'espace...

action-réaction

La fusée s'appuie-t-elle sur l'air pour se déplacer ?

Le vélo s'appuie sur le sol, le bateau sur l'eau, le deltaplane sur l'air.

Et la fusée, sur quoi s'appuie-t-elle ? Gonfle un ballon de baudruche et lâche-le sans le fermer. Que se passe-t-il ? Une fusée se déplace selon le principe de l'action et de la réaction, comme le ballon de baudruche.

Ses moteurs éjectent à très grande vitesse une masse très importante de gaz vers l'arrière : c'est l'action. En réaction, la fusée est propulsée aussi fortement vers l'avant, même dans le vide de l'espace.

L'air emprisonné s'échappe par l'ouverture et mon ballon est projeté de l'autre côté.

Une fusée décolle en éjectant des gaz vers l'arrière, aussi bien dans l'atmosphère que dans l'espace. Elle ne s'appuie sur rien.

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



5. Accéder à l'espace... le lanceur

Y a-t-il un pilote dans la fusée ?

Le lanceur est composé de plusieurs étages. Chaque étage contient des moteurs alimentés par de gros réservoirs. Sur un lanceur, ce sont les réservoirs qui prennent le plus de place. Leur contenu représente 90 % de la masse totale contre 1 % pour les satellites. Pendant que le lanceur traverse l'atmosphère de la Terre, la coiffe protège le ou les satellite(s) des frottements de l'air. La case à équipements contient le système de pilotage. Le pilote est un ordinateur très performant. Il est programmé avant le décollage pour gérer le vol de manière automatique. Grâce à des moteurs très puissants, la fusée s'éloigne de la Terre. Elle emporte des satellites dans l'espace et leur communique la vitesse nécessaire pour qu'ils puissent rester en orbite. Ariane 5 est aussi haute qu'un immeuble de 20 étages. Elle mesure environ 50 mètres de hauteur. Au décollage, Ariane 5 pèse plus de 700 tonnes !

Une fusée (ou lanceur) fonctionne toujours de façon automatique. Elle n'est jamais pilotée par un homme, même quand elle emporte des passagers.



6. Accéder à l'espace... les lanceurs dans le monde

Toutes les fusées envoient-elles des hommes dans l'espace ?

Elles se ressemblent beaucoup ! C'est normal, elles sont quasiment toutes construites selon la même architecture car elles jouent le même rôle : placer un objet en orbite. Depuis 1981, la navette spatiale américaine, avec à son bord un maximum de 8 astronautes, est une fusée au décollage, un vaisseau spatial en orbite et un planeur à l'atterrissage. En moyenne, 6 à 7 fusées sont lancées chaque mois dans le monde. Chaque fusée est adaptée à la charge utile à placer en orbite. Depuis 1967, grâce à la fusée Zémioroka, la capsule russe Soyuz est capable de placer 2 ou 3 cosmonautes en orbite. Elle sert aussi à leur retour sur Terre. Observe toutes les fusées. Que remarques-tu ?

Depuis 1961, seuls la Russie et les États-Unis ont envoyé des hommes dans l'espace. Il y a environ 8 vols habités par an.

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



7. Accéder à l'espace... Ariane

Ariane, une fusée française ?

En 1973, la France propose à l'Europe de construire un nouveau lanceur. C'est la naissance d'Ariane. La famille s'est agrandie d'année en année. D'Ariane 1 à Ariane 4, les fusées ont gardé la même structure générale : 3 étages l'un sur l'autre, surmontés d'une coiffe. Mais elles sont devenues de plus en plus puissantes et performantes. Ariane 5 est la dernière née de la famille. Composée d'un étage principal encadré de 2 propulseurs à poudre, elle est très différente de ses sœurs. Premier membre d'une nouvelle génération, elle évoluera encore beaucoup. D'ici à 2006, Ariane 5 pourra placer en orbite des satellites de plus de 10 tonnes.

Ariane est une famille de lanceurs européens dont la construction associe 14 pays. France, Allemagne, Italie, Royaume-Uni, Belgique, Espagne, Suisse, Pays-Bas, Suède, Autriche, Danemark, Norvège, Finlande, Irlande



8. En route pour l'espace...

Comment prépare-t-on un lancement d'Ariane 5 ?

L'étage principal et les éléments de la partie supérieure d'Ariane 5 sont construits en Europe. Après 2 semaines de bateau, ils arrivent à Kourou, en Guyane, où ils rejoignent les 2 propulseurs à poudre, assemblés sur place. Ariane 5 peut emporter plusieurs satellites qui arrivent par avion.

J-22 à J-8 : les différents étages de propulsion et la case à équipements sont assemblés : c'est l'intégration. Pendant cette période, de nombreux contrôles sont effectués.

J-8 à J-1 : le satellite et la coiffe sont installés au sommet du lanceur.

J 0 : la fusée est transférée sur rail vers la zone de lancement. Les réservoirs de l'étage principal sont remplis. Les derniers contrôles sont réalisés. La zone de lancement est évacuée. À partir de ce moment, tout est commandé depuis la salle de contrôle du centre de lancement.

H 0 : la fusée devient autonome. Le seul ordre qu'elle puisse recevoir est un ordre de destruction en vol, en cas de problème d'un élément d'Ariane.

La campagne de lancement se déroule sur 22 jours en plusieurs phases : assemblage, remplissage des réservoirs, nombreux contrôles... Mais il a fallu de nombreuses années pour concevoir le lanceur.

L'espace en questions Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



9. En route pour l'espace... 5, 4, 3, 2...

Que devient la fusée Ariane 5 dans l'espace ?

5, 4, 3, 2, 1, Feu ! Vulcain, le moteur de l'étage principal, s'allume. Quelques secondes plus tard, les propulseurs à poudre (ou boosters) se déclenchent : la fusée quitte alors le sol. En 2 minutes, la fusée est à 60 km du sol. Sa vitesse est alors d'environ 8 000 km/h ! La fusée sort de l'atmosphère terrestre : la coiffe est larguée car le satellite n'a plus besoin de protection. 10 minutes après le décollage, la fusée est à environ 170 km d'altitude. L'étage principal est largué. Il retombe dans l'océan Pacifique. Le moteur de l'étage supérieur s'allume. Une trentaine de minutes après le décollage, le satellite possède une vitesse suffisante (environ 28 000 km/h) pour rester en orbite. Ariane 5 a terminé sa mission !

Au fur et à mesure du vol, la fusée s'allège en larguant les éléments devenus inutiles. Seuls les satellites resteront dans l'espace.

10. Rester dans l'espace...

une question de vitesse

Les satellites sont-ils immobiles dans l'espace ?

Quand tu lâches une balle, elle tombe à tes pieds, sur le sol. Mais si tu lances la balle devant toi elle suit une trajectoire plus longue et retombe plus loin. Plus tu la lances vite, plus elle va loin. Imagine maintenant que tu puisses lancer ta balle avec une vitesse de 28 000 km/h. Si elle ne rencontrait aucun obstacle sur son trajet, elle ne retomberait pas sur le sol : elle serait satellisée. Elle tomberait en permanence autour de la Terre. En réalité, sur Terre, les frottements de l'air empêchent la balle d'atteindre une telle vitesse ! Pour satelliser un objet, la fusée l'emporte au-dessus de l'atmosphère et le propulse dans la bonne direction, avec une très grande vitesse. L'objet satellisé est condamné au mouvement. Si on l'arrête, il tombe immédiatement sous l'action de la gravité. La Lune chuterait ainsi sur la Terre si son mouvement était stoppé. Rien n'est immobile dans l'espace !

Tous les satellites se déplacent en permanence à grande vitesse dans l'espace. C'est ce qui leur permet de rester sur leur trajectoire autour de la Terre.

L'espace en questions Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



11. Rester dans l'espace... sur une orbite

Dans l'espace, les satellites peuvent-ils se perdre ?

Un objet satellisé suit une trajectoire bien précise : c'est son orbite. La forme de cette orbite est déterminée par la vitesse et la direction données au départ par la fusée. Il existe une infinité d'orbites possibles ! Les vaisseaux spatiaux habités, comme la navette américaine ou la Station Spatiale Internationale, suivent des orbites basses, à environ 350 km d'altitude. Ils font le tour de la Terre en 1 heure 30 minutes ! Placé sur l'orbite polaire, un satellite survole la totalité du globe terrestre. L'astuce ? Il tourne en passant au-dessus des pôles de la Terre, mais comme la Terre tourne également, il observe une bande différente à chaque passage, jusqu'au retour sur son point de départ. Placé sur l'orbite géostationnaire, à 36 000 km de la Terre, un satellite tourne au même rythme que la Terre. Il suit son mouvement en restant toujours au-dessus du même point de l'équateur.

Une fois lancé, un objet satellisé suit obligatoirement une trajectoire bien précise appelée orbite.



12. Rester dans l'espace... les satellites

Comment fonctionne un satellite ?

Les satellites sont des machines étonnantes qui fonctionnent de façon totalement automatique. Ils ont chacun des missions bien définies mais ont tous une partie commune : la plate-forme qui leur permet de "vivre" en orbite. Les moteurs et leurs réservoirs conduisent le satellite sur son orbite définitive puis corrigent les défauts de sa trajectoire pendant toute sa durée de vie. C'est le maintien à poste. Les panneaux solaires fabriquent de l'électricité à partir de l'énergie du Soleil. L'électricité est soit utilisée directement par les instruments du satellite, soit mise en réserve dans des batteries. Les revêtements isolants protègent le satellite des températures extrêmes. L'ordinateur de bord gère le fonctionnement du satellite. Il peut être reprogrammé depuis le sol. Les antennes permettent de communiquer avec la Terre. Quand les réservoirs de maintien à poste sont vides ou les batteries hors d'usage, le satellite devient inutilisable. Pour remplir sa mission, chaque satellite a des instruments d'observation et de mesure adaptés.

Tous les satellites ont des éléments communs (panneaux solaires, ordinateur de bord, antennes, moteurs...) et des équipements particuliers liés à leur mission.

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



13. L'espace pour... communiquer

Peut-on, grâce aux satellites, recevoir la télévision n'importe où ?

À chaque instant, des milliards d'informations circulent à travers le monde, sous terre, dans l'air et même sous les océans. Avant de parvenir aux utilisateurs, ces informations voyagent dans des réseaux qui s'entrecroisent et empruntent de nombreux relais. Grâce à leur altitude élevée, les satellites de télécommunications simplifient le parcours en jouant le rôle de relais unique. Transmettre un programme télévisé ou une conversation téléphonique n'importe où dans le monde ; échanger des données informatiques ou rester en contact radio permanent (navires, plates-formes, avions, trains et camions) et presque partout (désert, île) : c'est le rôle des satellites de télécommunications. Il suffit seulement de 3 satellites en orbite géostationnaire pour diffuser une information sur l'ensemble de la planète, à l'exception des régions polaires.

Un satellite de télécommunications est un relais en hauteur qui permet de communiquer instantanément sur de très grandes zones.



14. L'espace pour... localiser

Un satellite permet-il de savoir où je me trouve ?

Pour connaître ma position, je peux utiliser un récepteur GPS.

Étudier : si on équipe d'une balise Argos un animal sauvage, une bouée météo ou tout autre objet, on peut localiser régulièrement la balise et collecter les données qu'elle transmet.

Se repérer : le récepteur GPS calcule le temps que mettent les signaux de plusieurs satellites pour l'atteindre et détermine ainsi ta position, à n'importe quel endroit du globe.

Sauver : le système Cospas-Sarsat localise des signaux de détresse. En cas de danger, l'équipage d'un navire ou les membres d'une expédition terrestre déclenchent leur balise.

En moins de 2 heures, leur position est localisée et les secours sont immédiatement envoyés sur place.

Un satellite peut situer et localiser tout objet équipé d'une balise et permet ainsi de sauver des vies, d'étudier notre environnement ou de se repérer...

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



15. L'espace pour... observer la Terre

Les satellites voient-ils comme nous ?

S'éloigner pour mieux voir... Les satellites d'observation de la Terre, placés en altitude, observent de grandes zones de notre globe qu'ils peuvent survoler régulièrement. D'autres satellites, comme Jason-1, "éclaircent" eux-mêmes le sol au moyen d'ondes radar. Ils effectuent des mesures de hauteur et permettent d'obtenir des images du relief de la Terre ou de la surface des océans. Le satellite Spot fonctionne un peu comme un appareil photo numérique. Il observe le paysage en le découpant en de nombreux éléments appelés pixels. Il mesure l'énergie lumineuse renvoyée par le sol. Une seule image représente ainsi des milliards d'informations. Les satellites transmettent toutes leurs mesures au sol. Ces informations sont transformées en images plus faciles à lire et à utiliser que des chiffres !

Les satellites d'observation sont équipés d'instruments qui reçoivent des lumières (ou longueurs d'onde) auxquelles notre œil n'est pas sensible. Ils nous permettent d'observer des phénomènes habituellement invisibles.



16. L'espace pour... observer la Terre

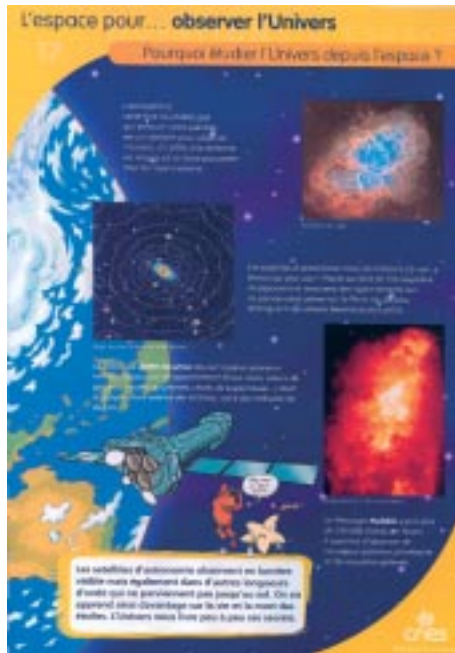
Mais que nous apprennent les satellites sur notre Terre ?

Les satellites d'observation sont devenus un outil indispensable pour...
gérer : l'aménagement du territoire (cartographie...), les cultures, par exemple en détectant l'évolution des maladies...
surveiller : les cyclones, les séismes, l'étendue des inondations, l'évolution du recul de la forêt amazonienne, la progression des épidémies sur les continents...
comprendre : le rôle des interactions entre l'atmosphère et les océans pour expliquer notre climat, les déformations de la croûte terrestre, la dérive des continents...

Les images satellitaires nous permettent d'assurer une surveillance globale de notre environnement ; de mieux gérer les catastrophes naturelles ; finalement de mieux vivre ensemble sur la Terre !

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"

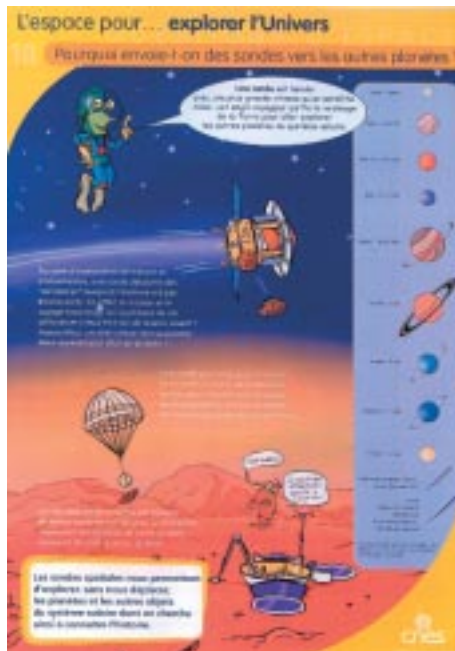


17. L'espace pour... observer l'Univers

Pourquoi étudier l'Univers depuis l'espace ?

L'atmosphère, cette fine couche de gaz qui entoure notre planète, est un obstacle pour observer l'Univers. En effet, elle déforme les images et ne laisse pas passer tous les rayonnements. Les satellites d'astronomie nous permettent d'y voir beaucoup plus clair ! Placés au-delà de l'atmosphère, ils observent et mesurent des rayonnements qui ne parviennent jamais sur la Terre, et, de plus, distinguent des détails beaucoup plus petits. Le télescope XMM-Newton devrait repérer plusieurs millions de sources de rayonnement (trous noirs, cœurs de galaxies, étoiles mourantes, restes de supernovae...) dont la température atteint des millions, voire des milliards de degrés. Le télescope Hubble a pris plus de 250 000 clichés en 10 ans. Il a permis d'observer de nouveaux systèmes planétaires et de nouvelles galaxies.

Les satellites d'astronomie observent en lumière visible mais également dans d'autres longueurs d'onde qui ne parviennent pas jusqu'au sol. On en apprend ainsi davantage sur la vie et la mort des étoiles. L'Univers nous livre peu à peu ses secrets.



18. L'espace pour... explorer l'Univers

Pourquoi envoie-t-on des sondes vers les autres planètes ?

Une sonde est lancée avec une plus grande vitesse qu'un satellite. Ainsi, cet engin voyageur quitte le voisinage de la Terre pour aller explorer les autres planètes du système solaire. Équipée d'instruments de mesure et d'observation, une sonde découvre des "territoires" auxquels l'Homme n'a pas encore accès. En effet, la mission et le voyage sont longs, les conditions de vie difficiles et il faut être sûr de revenir vivant ! Aujourd'hui, un aller-retour vers la planète Mars durerait plus d'un an et demi ! Une sonde peut avoir pour mission de survoler un astre, de se satelliser autour pour l'étudier plus en détail, de photographier son sol ou même de nous en rapporter des échantillons ! Les résultats de ces missions permettent de mieux comprendre l'origine, la formation, l'évolution des planètes de notre système solaire et donc de la nôtre, la Terre.

Les sondes spatiales nous permettent d'explorer, sans nous déplacer, les planètes et les autres objets du système solaire dont on cherche ainsi à connaître l'histoire.

L'espace en questions Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



19. L'espace pour... expérimenter

Pourquoi envoie-t-on des hommes dans les stations orbitales ?

Une station orbitale est un véritable laboratoire scientifique. À bord de ce gros satellite, les spationautes et les objets sont dans une situation inhabituelle : ils sont en impesanteur. Les spationautes réalisent de nombreuses expériences pour étudier les effets de l'impesanteur sur le comportement de leur corps, le développement des plantes, les propriétés chimiques ou physiques de certains matériaux... Ils observent aussi la Terre et l'Univers.

La Station Spatiale Internationale (ou ISS) est la grande réalisation spatiale du début du XXI^e siècle. L'Europe y aura son propre laboratoire : Columbus.

La situation d'impesanteur offre aux scientifiques la possibilité d'expérimenter dans des conditions impossibles à reproduire sur Terre.



20. Repères dans l'espace...

Où sont tous ces satellites ?

Depuis le lancement de Spoutnik 1, le 4 octobre 1957, plus de 4 000 satellites ont pris le chemin de l'espace. Environ 400 satellites fonctionnent aujourd'hui. Les autres gravitent encore autour de la Terre ou ont été détruits en rentrant dans l'atmosphère terrestre.

Autour de la Terre, il n'y a pas que des satellites ! L'espace est encombré de débris (réservoirs de fusée, fragments de satellites...) qui présentent un danger pour les spationautes et les satellites.

Aujourd'hui, dans l'espace, environ 400 satellites sont en service autour de la Terre. Ils sont en majorité 10 fois plus près de nous que la Lune.

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



21. Pratiquer l'espace... les acteurs

Qui travaille pour l'espace ?

Des agences spatiales : tous les pays qui mènent des activités spatiales ont une agence nationale qui développe ces activités. En France, c'est le CNES (Centre national d'études spatiales). En Europe, c'est l'ESA (Agence spatiale européenne) qui organise la coopération entre les différents pays. La France est représentée à l'ESA par le CNES.

Des industriels : en apportant leurs compétences, les entreprises industrielles participent au développement des activités spatiales. C'est grâce à elles que l'on peut fabriquer et lancer autant de fusées Ariane et de satellites. Aujourd'hui, plus de 60 000 personnes travaillent en Europe dans ce secteur.

Des femmes et des hommes : l'espace, c'est aussi une multitude de métiers. Bien sûr, il y a les spationautes dont on parle beaucoup, mais surtout les milliers d'ingénieurs, de mécaniciens, d'électroniciens, d'informaticiens, de soudeurs, de dessinateurs, de commerciaux, de scientifiques... grâce à qui l'espace est une véritable activité industrielle et de recherche.

Les grands projets spatiaux se mettent en place grâce aux multiples compétences des agences et des industriels et à une coopération internationale. Les partenaires privilégiés de la France sont d'abord les autres pays européens et bien sûr les grandes agences étrangères comme la NASA (États-Unis), la NASDA (Japon) ou Rosaviakosmos (Russie).

22. L'espace, demain... des projets

Quels sont les grands enjeux de demain ?

Comprendre et gérer notre planète : les satellites nous ont appris que la Terre est une machine complexe où tout est lié : les océans ont une influence très importante sur le climat, les gaz d'échappement des voitures modifient la température moyenne de la planète... Les satellites doivent nous aider à améliorer encore la compréhension de la machine Terre et à mieux gérer les conséquences des catastrophes naturelles en attendant de les prévoir.

Comprendre nos origines : explorer notre Univers proche ou lointain nous permettra de mieux comprendre son histoire et peut-être de préserver ainsi notre avenir. L'exploration de Mars est la prochaine étape de cette recherche. En attendant d'y envoyer des hommes, il faut repérer le terrain et mieux connaître cette planète. Plusieurs sondes auront cette mission dans les années qui viennent. Mais passer des vacances en famille dans l'espace, ce n'est pas pour tout de suite...

L'aventure spatiale en est encore à ses débuts. Imaginer et mener à bien de nouvelles missions scientifiques nous permettra de mieux comprendre le fonctionnement de notre planète et de l'Univers dans lequel elle occupe une toute petite place, si importante à nos yeux !

L'espace en question Livret de présentation

23 panneaux pour comprendre "Comment ça marche et à quoi ça sert ?"



23. Pratiquer l'espace... les activités jeunesse

Et toi, que peux-tu faire ?

Si tu souhaites, toi aussi, participer à l'aventure spatiale en réalisant tes propres projets, le CNES peut t'aider... Tu cherches une info ? Tu veux suivre l'actualité de l'espace ? Consulte le site Internet www.cnes-edu.fr

Construire et lancer des fusées, lâcher une nacelle de ballon emportant des expériences à plus de 30 000 mètres d'altitude, suivre le déplacement d'une bouée dans l'océan, proposer avec ta classe des expériences qui seront testées en micropesanteur dans l'Airbus Zéro G ou dans la Station Spatiale Internationale... Voici quelques-unes des aventures que te propose le CNES. À toi de jouer ! Renseigne-toi : Service Culture spatiale 18, avenue Édouard Belin 31401 Toulouse cedex 9

Plus grand, tu pourras trouver des opportunités de stages et de formations au CNES.

Le site Éducation-Jeunesse : www.cnes-edu.fr

L'espace en question Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

La Terre retient captive une indispensable enveloppe gazeuse : l'atmosphère. Sans elle, la vie sur notre planète serait impossible ! Cette fine couche de gaz transporte les odeurs, les bruits et se laisse traverser par la lumière... mais surtout, c'est l'air que nous respirons. Elle joue aussi un rôle de bouclier en te protégeant des rayonnements et des météorites.

Le diamètre de la Terre est de 12 756 km 99 % des gaz qui composent l'atmosphère se trouvent dans les 50 premiers km, ce qui correspond ici à l'épaisseur du plexiglas. L'atmosphère n'est qu'une fine pellicule à la surface de la Terre, composée de quatre couches superposées et de densité décroissante : la troposphère (0 à 10 km), la stratosphère (10 à 50 km), la mésosphère (50 à 100 km) et la thermosphère (au-delà de 100 km).

Pendant sa traversée de l'atmosphère, le rayonnement solaire est en partie transformé en chaleur. L'ozone absorbe une partie des rayons UV d'où la présence d'une couche chaude dans la stratosphère. Dans la troposphère (la plus basse), le CO₂ et surtout la vapeur d'eau absorbent aussi une partie du rayonnement solaire (20 %). Les molécules des gaz, les aérosols et les nuages présents dans l'atmosphère diffusent une partie du rayonnement dans toutes les directions (dont 5 % vers l'espace).

Atmosphère, atmosphère...

Que faire ?

À l'échelle de ce globe terrestre, où placer votre main pour représenter la limite de l'atmosphère ?

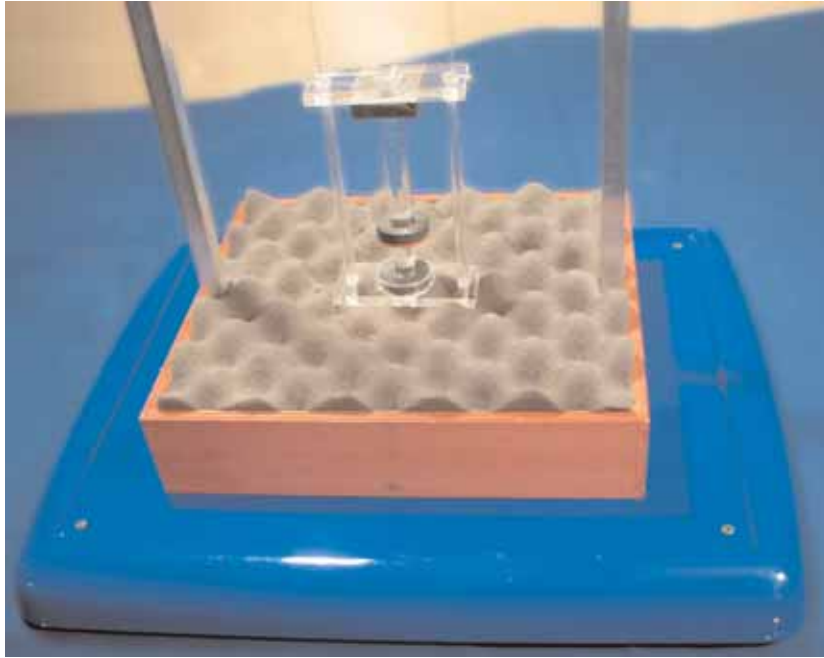
À quelques millimètres, quelques centimètres, ou dizaines de centimètres ?

Que retenir ?

90 % de la masse de l'atmosphère se trouvent dans les 20 premiers kilomètres à partir du sol. Comparé aux 13 000 km de diamètre de la Terre, cela représente ici une épaisseur de quelques millimètres. 99 % se trouvent dans les 50 premiers kilomètres. Au-dessus, la densité devient rapidement très faible. Les limites de l'atmosphère se perdent dans l'espace. Mais même à une altitude de 800 km, les satellites sont encore freinés par les traces d'atmosphère et perdent progressivement de la hauteur. Les moteurs permettent de corriger régulièrement leur orbite.

L'espace en questions Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

Point commun entre la Lune en orbite autour de la Terre et la chute d'une pomme sur le sol, l'attraction terrestre est à l'origine de ces deux mouvements. Sur Terre, cette force se manifeste par la sensation de poids. C'est la pesanteur. Elle nous empêche de quitter le sol et retient tous les objets à la surface de notre planète. Quand on s'éloigne de la Terre, son attraction diminue progressivement. La masse d'un objet ne varie pas, au contraire du poids qui résulte de l'attraction exercée par l'astre où il se trouve. Ainsi sur la Lune où l'attraction est six fois moins forte, notre poids est six fois plus faible mais notre masse ne change pas !

À bord de la Station spatiale internationale, en orbite à plus de 350 km de la Terre, tout semble flotter ! En réalité, les hommes et les objets tombent en permanence autour de la Terre. Dans ces conditions, ils ne ressentent plus la sensation de poids comme sur la Terre : ils sont en impesanteur. Lors des séjours dans une station orbitale (les Saliouts de 1971 à 1991, Mir de 1986 à 2001, ISS depuis 2000...), la principale mission des spatonautes est donc d'étudier les effets de cette situation nouvelle sur le comportement de leur corps, sur le développement des plantes, sur les propriétés chimiques ou physiques de certains matériaux... des expériences difficiles voire impossibles à réaliser sur Terre.

En impesanteur, la vie devient insolite, surtout dans les gestes quotidiens. Il faut dormir dans des sacs de couchages fixés directement sur la paroi et retenant le corps par des sangles ou manger une nourriture préparée sous forme compacte pour qu'elle ne s'éparpille pas, se laver avec des serviettes humides puisque l'eau se met en boule.

Flotter dans l'espace !

Que faire ?

Soulevez la nacelle puis lâchez-la et observez le comportement des aimants : la distance qui les sépare change-t-elle lors de la chute ?

Que retenir ?

Soumis à la gravité terrestre, les aimants reposent à quelques centimètres l'un au-dessus de l'autre. Lors de la chute, ils tombent en même temps, tous deux accélèrent librement. La répulsion qu'ils exercent l'un sur l'autre les tenant à bonne distance, l'aimant semble alors flotter dans l'espace. Les satellites artificiels, comme la Lune — notre satellite naturel — sont ainsi en chute permanente autour de la Terre.

L'espace en question Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

Le principe d'action-réaction, selon lequel à toute action correspond une réaction égale et de sens opposé, est encore dû à Newton. La force élastique du ballon comprime l'air contenu à l'intérieur. Quand l'air est expulsé par l'orifice du ballon, par réaction, ce dernier est propulsé dans le sens opposé, comme chacun a déjà pu le constater. Dans l'espace, comme le ballon, la fusée éjecte des gaz vers l'arrière et se propulse par réaction, sans point d'appui extérieur : au mouvement de la masse de gaz vers l'arrière correspond un mouvement opposé de la fusée vers l'avant. La fusée n'a pas besoin d'appui et fonctionne parfaitement dans le vide.

On peut également imaginer se propulser par réaction en éjectant des masses solides, avec des canons électromagnétiques, ou des ions, avec des accélérateurs de particules.

Action... réaction !

Que faire ?

Positionnez la fusée sur son pas de tir en bloquant sa base avec le becquet. Pompez suffisamment puis lâchez-la en abaissant la manette.

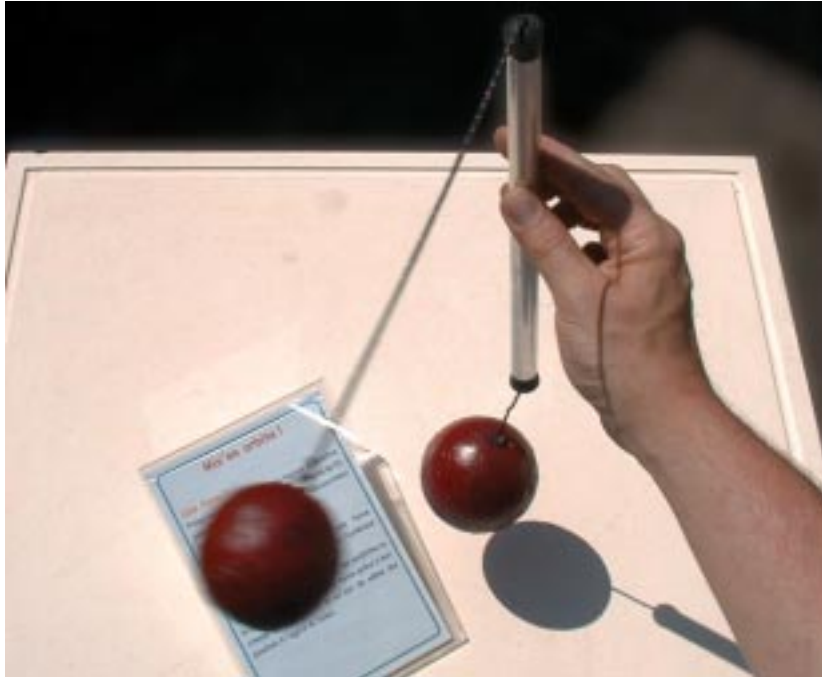
Attention, ne restez pas au-dessus !!

Que retenir ?

À toute action correspond une réaction égale et de sens opposé. Un canon qui tire un boulet (action), va reculer (réaction). Ici, l'air qui s'échappe (action) provoque une réaction (propulsion de la fusée). Dans l'espace, une fusée utilise ce même principe : lorsqu'elle éjecte des gaz vers l'arrière, un mouvement opposé se crée propulsant la fusée vers l'avant.

L'espace en questions Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

Il faut propulser les satellites à une vitesse d'au moins 28 000 km/h pour les arracher à l'attraction terrestre ; à une telle vitesse, l'objet ne retombe plus sur le sol, mais " chute " en permanence autour de la Terre. On satellise en amenant au-dessus de l'atmosphère pour réduire les frottements de l'air qui freineraient le satellite, cette perte de vitesse pouvant conduire à sa chute. Une fois lancé, le satellite est sur une trajectoire bien précise, déterminée par la vitesse et la direction données par la fusée au départ. Il existe une infinité d'orbites possibles ! Lorsque la vitesse de satellisation est comprise entre 28 000 km/h et 40 000 km/h, l'objet décrit une ellipse, plus ou moins proche de la Terre.

Pour les vaisseaux spatiaux habités comme la navette américaine ou la Station Spatiale Internationale (ISS) se trouvent sur une orbite basse vers 400 km d'altitude. Un tour de Terre prend alors une heure et trente minutes. Placé à 36 000 km, sur une orbite géostationnaire, un satellite suit la Terre dans son mouvement en 24 heures, restant toujours au-dessus du même point de l'équateur. Si sa vitesse est supérieure à 40 000 km/h, l'objet va trop vite pour être retenu par l'attraction de la Terre. Il poursuit alors son chemin dans l'espace ; c'est ainsi que l'on peut envoyer une sonde interplanétaire en direction d'une planète lointaine. Pour voyager loin, il est alors judicieux de "sauter" de planète en planète en se servant de leur attraction gravitationnelle pour prendre de la vitesse et aller toujours plus loin dans l'espace.

Mis'en orbite !

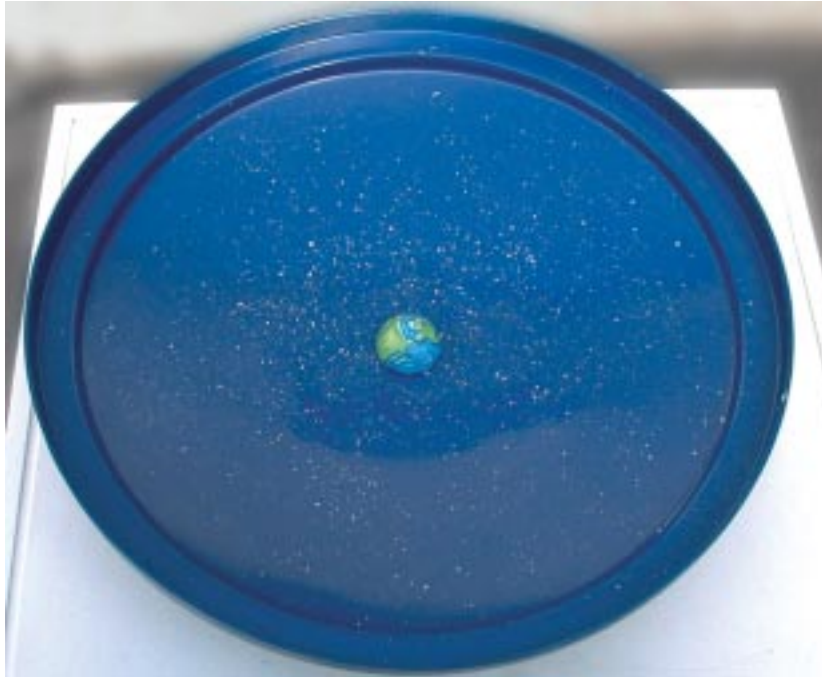
Que faire ?

Prenez en main le tube et faites tourner le satellite jusqu'à soulever la masse à l'autre extrémité du fil. Une fois la vitesse de rotation stable, raccourcissez la longueur du fil en tirant sur la masse.

Que retenir ?

Le mouvement donne à l'objet une force (centrifuge) capable de l'entraîner vers l'extérieur et de tracter la masse suspendue.

Dans l'espace, rien n'est immobile : c'est grâce à leur vitesse de déplacement que les satellites ou la Lune ne s'écrasent pas sur la Terre. Il en est de même pour les planètes tournant autour du Soleil.



Commentaires :

La loi de la gravitation universelle : deux corps de masse M_1 et M_2 , situés à une distance "d" l'un de l'autre, s'attirent proportionnellement à leur masse et inversement proportionnellement au carré de la distance qui les sépare. C'est la loi de Newton : $F = G \frac{M_1 M_2}{d^2}$ (où G est la constante de gravité)

Cette même loi permet de démontrer et même de préciser les lois expérimentales énoncées par Kepler, trois quarts de siècle auparavant :

- Les planètes décrivent des ellipses dont le Soleil occupe l'un des foyers.
- Le segment Soleil – Planète balaye des aires égales en des temps égaux.
- Les cubes des grands axes des ellipses décrites par les planètes sont proportionnels aux carrés de leur temps de révolution.

Ces lois sont valables pour les satellites artificiels, comme pour les planètes, dans la mesure où les actions exercées par les autres astres, restent négligeables.

L'orbitogramme

Que faire ?

Lancez une bille dans l'arène pour qu'elle fasse le plus de tours possible. Observez ses trajectoires elliptiques.

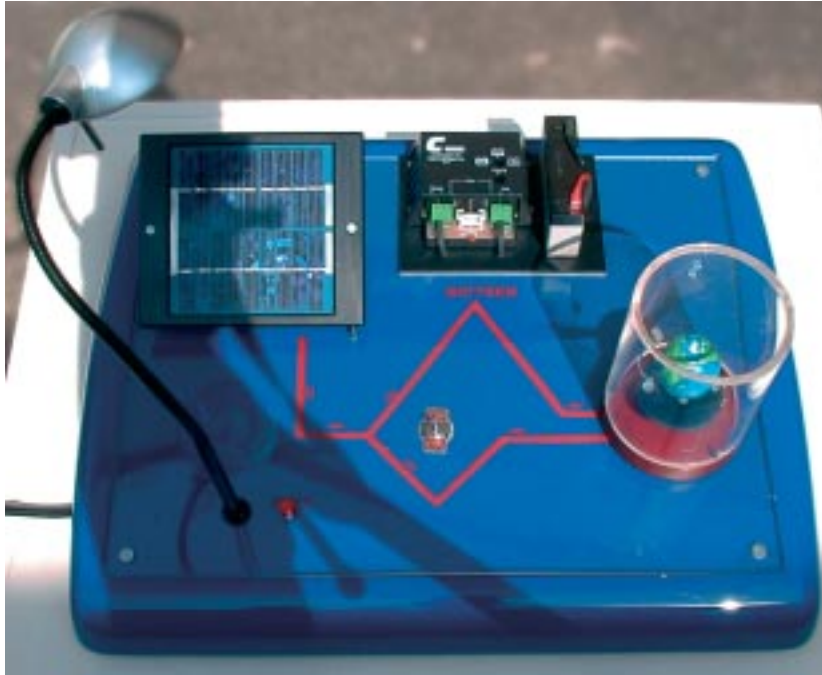
Que retenir ?

Au XVII^e siècle, Kepler puis Newton ont découvert les lois physiques qui permettent de décrire la trajectoire d'une planète autour du Soleil.

Remarque : lors de son lancement, le satellite est placé sur une orbite elliptique ; une impulsion de ses moteurs permet de le transférer sur une orbite différente, plus haute en accélérant à l'apogée (au plus loin de la Terre) ou plus basse en freinant au périégée (au plus près).

L'espace en question Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

Tous les systèmes de bord d'un satellite ont besoin d'électricité pour fonctionner. Cette énergie est fournie par des panneaux photovoltaïques qui transforment l'énergie des photons lumineux en énergie électrique. À proximité de la Terre, chaque mètre carré exposé au Soleil reçoit environ 1 400 watts d'énergie. Mais le rendement des cellules photovoltaïques est faible, et ne permet de récupérer effectivement que 200 watts environ par mètre carré. Les grandes surfaces alors nécessaires pour assurer l'alimentation électrique du satellite doivent être repliées au lancement pour tenir sous la coiffe du lanceur. Au moment de la mise à poste des satellites, le déploiement des panneaux solaires constitue toujours une étape critique, car elle nécessite le bon fonctionnement de mécanismes délicats dans des conditions très contraignantes de température et de vide. L'énergie électrique produite par les cellules photovoltaïques doit être régulée, avant d'être utilisée directement par les systèmes de bord, ou stockée dans des batteries qui permettent de faire face à des pointes de consommation, ou d'assurer la continuité de fonctionnement quand le satellite est en éclipse dans le cône d'ombre de la Terre. Les panneaux solaires sont orientés perpendiculairement aux rayons du Soleil pour une efficacité maximale. Les panneaux des satellites géostationnaires sont disposés sur un axe nord-sud parallèle à l'axe des pôles de la Terre, et un lent mouvement de rotation d'un tour par jour en sens inverse du mouvement du satellite leur permet de rester dirigés vers la lumière du Soleil. Pour les sondes interplanétaires ou les satellites ayant des besoins en énergie trop importants, on fait appel à des petits générateurs nucléaires embarqués, pour la fourniture de l'électricité à bord.

De l'énergie dans l'espace...

Que faire ?

D'où le satellite tire-t-il l'énergie nécessaire à son fonctionnement ? Choisissez le bon circuit pour qu'il fonctionne lorsqu'il passe dans l'ombre de la Terre.
(En appuyant sur le bouton «nuit», vous la simulerez...)

Que retenir ?

Les cellules photovoltaïques des panneaux solaires alimentent le satellite en énergie électrique lorsqu'ils sont éclairés. Mais pendant son orbite (de 90 min si elle est basse), le satellite est dans l'ombre de la Terre la moitié du temps. Pour ne pas avoir à planifier le travail selon que le soleil est en vue ou non, l'électricité est stockée par les batteries et utilisée quand les panneaux ne sont pas ensoleillés.



Commentaires :

Cet appareil est un radiomètre de Crookes. Chaque palette du moulin se compose d'une face sombre qui absorbe le rayonnement infrarouge et d'une face claire qui réfléchit la lumière. L'air raréfié dans l'ampoule s'échauffe au contact des faces sombres. L'agitation des molécules d'air provoque des chocs qui entraînent la rotation du moulin, comme si les faces sombres étaient poussées par la lumière.

L'albédo (rapport de l'énergie réfléchie à l'énergie incidente) dépend : de la nature du sol et des nuages (une surface claire réfléchit plus qu'une surface sombre), de l'angle des rayons solaires par rapport au sol (plus l'angle est faible, plus la réflexion est importante).

L'albédo augmente quand on se rapproche des pôles car l'angle d'incidence des rayons solaires diminue. L'énergie solaire absorbée par une surface est ainsi bien plus importante à l'équateur qu'aux pôles.

De plus la neige et la glace des régions polaires réfléchissent une grande partie du rayonnement solaire. L'albédo peut se mesurer en % ou avec une valeur comprise entre 0 (0 %) et 1 (100 %).

L'albédo

Que faire ?

Lorsque le radiomètre est éclairé plus fortement, il tourne plus vite. Comment pouvez-vous l'expliquer ?

Que retenir ?

Dans l'ampoule, le vide partiel diminue la résistance de l'air. Les faces noires s'échauffent plus que les blanches, très réfléchissantes, et augmentent les chocs dus aux molécules d'air encore présentes ; elles ont alors tendance à reculer.

L'albédo mesure la quantité de lumière réfléchie par unité de surface. La surface de la Terre réfléchit plus ou moins la lumière qui nous vient du Soleil. Son pouvoir de réflexion se mesure par un pourcentage.

Remarque : inférieur à 5 % au-dessus des mers et des lacs, l'albédo est de 5 à 10 % pour les forêts, 10 % pour les terres humides, dépasse 50 % à la surface des glaces, atteint 90 % sur de la neige fraîche et 80 % au-dessus des nuages épais.



Commentaires :

L'observation spatiale permet des études à la fois rapides, systématiques, globales et homogènes de notre "système Terre", autrement dit, des différents mécanismes qui régissent le fonctionnement de constituants de notre planète aussi vitaux que l'atmosphère et les océans, qui déterminent le climat, ou encore l'écorce terrestre, dont les mouvements engendrent séismes et éruptions volcaniques.

À la frontière entre la recherche fondamentale et les applications les plus concrètes, l'étude de notre globe permet de parfaire notre compréhension du fonctionnement de la Terre pour mieux prévoir ce que ces éléments nous réservent, ou pour mieux mesurer l'ampleur des dérèglements que les activités humaines risquent de lui faire subir.

Ainsi, de grands programmes visent à préciser comment évolue la couche d'ozone qui nous protège des rayonnements ultraviolets les plus nocifs. C'est grâce aux instruments de mesure embarqués à bord de satellites scientifiques que l'on peut espérer connaître le rôle de l'Homme dans l'évolution de l'environnement (études des causes du réchauffement climatique par des mesures sur l'effet de serre par exemple).

Infrarouge et effet de serre

Que faire ?

Comparez les températures, à l'extérieur et autour de cette "Terre". En soulevant un instant la serre, vous équilibrez ces températures ; reposez-là, attendez alors quelques minutes que l'effet de serre soit perceptible !

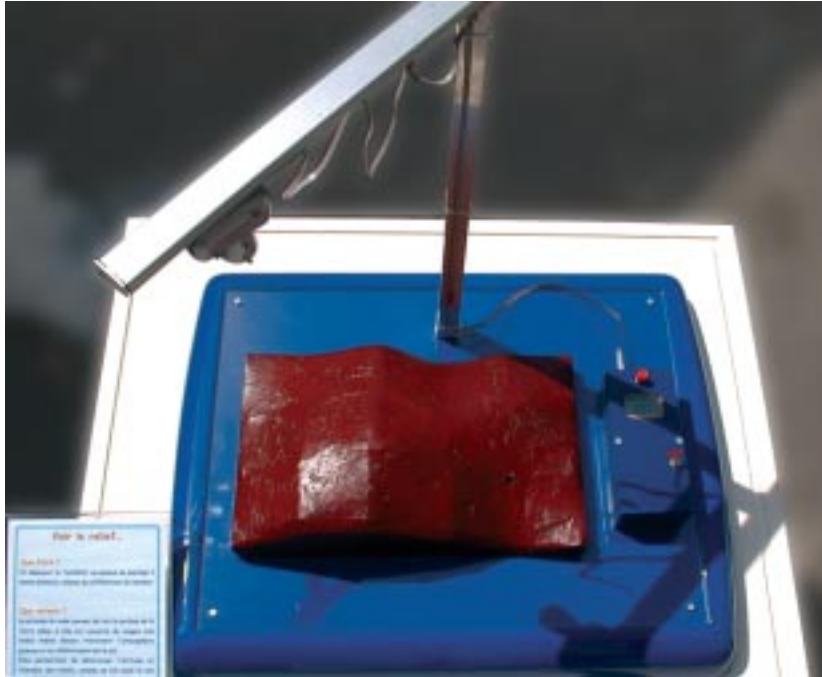
Que retenir ?

Le jour, la Terre et l'atmosphère sont chauffées par le rayonnement du Soleil. La valeur moyenne du flux de chaleur reçu en haute atmosphère est de 340 W/m^2 . Si la Terre ne se refroidissait pas par rayonnement, la température augmenterait.

La Terre évacue sa chaleur par rayonnement infrarouge vers l'espace. Ce rayonnement est en partie absorbée par les gaz présents dans l'atmosphère (vapeur d'eau et CO_2), c'est l'effet de serre. Sans cet effet, la température moyenne au sol serait de $-18 \text{ }^\circ\text{C}$, alors qu'elle est de $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

L'espace en question Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

La connaissance que nous avons du monde qui nous entoure est encore bien imparfaite et suscite toujours de multiples interrogations : que signifient ces "marées terrestres", soulèvements du sol sous l'influence de la Lune que la géodésie spatiale a permis de mettre en évidence en surveillant le moindre mouvement de l'écorce du globe ? Au-delà de la seule observation de la planète par les outils de la télédétection spatiale et de la mesure des composants de l'atmosphère à l'aide de capteurs placés sur les satellites, les mesures altimétriques ouvrent de nouvelles perspectives. Par exemple, les altimètres radar installés sur les satellites Topex-Poseidon (1992) et Jason 1 (2001) permettent de connaître, avec une précision de quelques centimètres, le relief de la surface océanique et de cartographier, en trois dimensions, la circulation océanique et ses variations.

Voir le relief...

Que faire ?

En déplaçant le "satellite" au-dessus du paysage à bonne distance, relevez les différences de hauteur.

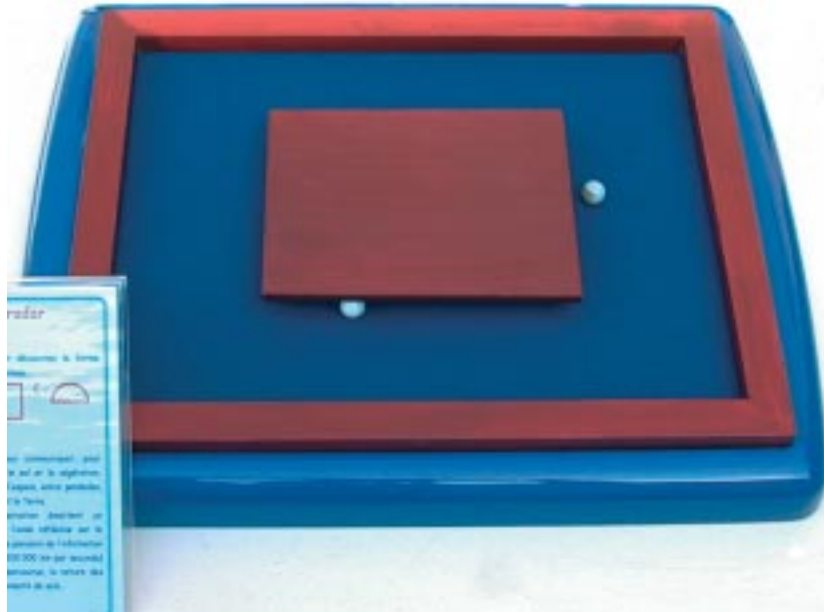
Que retenir ?

Le principe du radar permet de voir la surface de la Terre en mesurant le temps de trajet aller-retour mis par une onde émise par le satellite en direction du globe. Ces ondes traversent l'atmosphère et se réfléchissent sur le sol. Cette technique est utilisable de jour comme de nuit, même avec une couverture nuageuse. Elles permettent d'identifier les reliefs, comme ce fut le cas lors de l'exploration de la planète Vénus par la sonde Magellan.

L'espace en questions Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant

Commentaires :



Le bill' radar

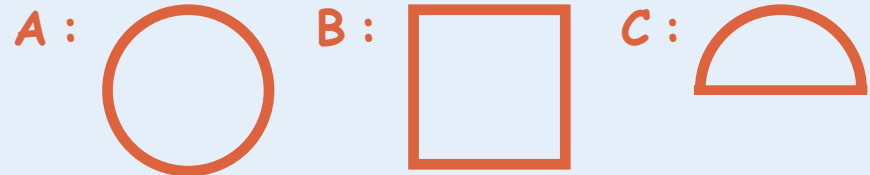
Que faire ?

Faites rebondir la bille et découvrez la forme mystérieuse cachée sous le plateau...

Que retenir ?

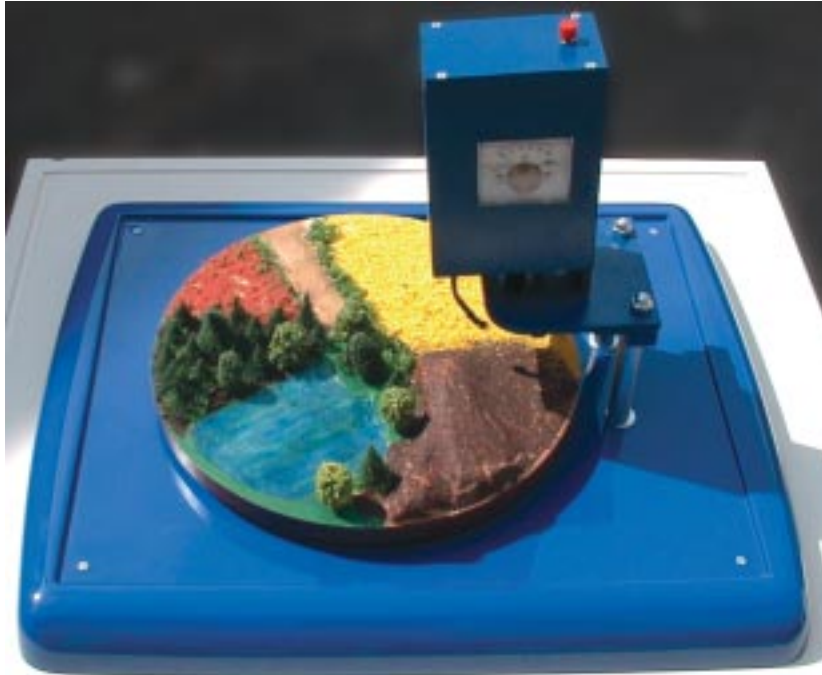
Qu'elles soient émises pour communiquer, pour étudier, ou réfléchies par le sol et la végétation, quantité d'ondes traversent l'espace, entre paraboles, relais ou balises, satellites et la Terre.

Certains satellites d'observation émettent un rayonnement pour recevoir l'onde réfléchi sur le principe du radar : le temps de parcours de l'information à la vitesse de la lumière (300 000 km par seconde) renseigne sur la distance parcourue, la nature des milieux traversés, les mouvements de sols...



L'espace en question Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

Tout objet éclairé absorbe une partie du rayonnement lumineux qu'il reçoit et renvoie l'autre partie ; le rapport puissance lumineuse réfléchie/puissance lumineuse reçue est la réflectance de l'objet. Une substance homogène présente une réflectance caractéristique pour chaque longueur d'onde reçue ; deux substances différentes ont des signatures spectrales qui permettent de les distinguer l'une de l'autre. Les réflectances d'un corps pour plusieurs longueurs d'onde différentes constituent la signature spectrale caractéristique de ce corps.

Images satellitaires

Que faire ?

Déterminez la nature des sols et couverts végétaux en reconnaissant leur signature... avec ce radiomètre.

Que retenir ?

Chaque corps réfléchit plus ou moins la lumière reçue. L'observation à plusieurs longueurs d'onde différentes permet la caractérisation des surfaces observées (végétation, sable sec, sable humide...). Cette technique est utilisée en agriculture pour évaluer l'étendue des surfaces cultivées et la nature des cultures, ou encore pour suivre l'évolution des zones de déforestation en Amazonie par exemple.

L'espace en question Livret de présentation

12 manipulations pour découvrir en expérimentant



Commentaires :

Plus les relais de communication sont hauts, plus leur portée est grande. Si les relais ont d'abord été montés sur des collines pour voir et émettre au-dessus des barrières de végétation et de relief, la technologie a permis de s'affranchir de la courbure de la Terre avec les satellites ; même dans une région aussi plate que la Beauce ou en mer par exemple, cette courbure limite à 70 km la portée d'un émetteur situé au sol.

Le satellite géostationnaire constitue l'infrastructure relais la plus simple que l'on puisse placer dans l'espace : un seul satellite suffit pour recevoir et émettre communications téléphoniques, données informatisées ou programmes télévisés depuis et vers un point quelconque, sur la moitié du globe ! Trois satellites suffisent à ceinturer le globe d'un réseau en liaison constante.

L'avantage est énorme là où les infrastructures au sol sont inexistantes ou difficiles à implanter : ainsi, pour les pays en voie de développement, le satellite de télévision permet l'accès au savoir, à la culture et à l'information sur de vastes territoires.

À bonne distance !

Que faire ?

Répartissez judicieusement les lampes "satellites" pour couvrir le globe. Combien en faut-il ?

Que retenir ?

Trois sources régulièrement placées dans un même plan couvrent l'ensemble de la planète, à l'exception des régions polaires. Dans le cas des satellites, la mécanique céleste impose de les placer dans le plan de l'équateur, à 36 000 km d'altitude. Ils sont alors sur l'orbite géostationnaire et restent toujours au-dessus du même point de l'équateur. C'est la position de 80 % des satellites de communication.

Notice de montage

Une exposition à monter soi-même

Cette exposition nécessite une surface d'environ 120 m² pour son installation, les manipulations étant à poser sur des tables de dimensions standard. Trois d'entre elle nécessitent une alimentation électrique en 220 volts.

Le conditionnement de l'exposition comprend trois caisses, dont une pour les panneaux ; ils y sont rangés face contre face et tête-bêche, des attaches spécifiques permettant leur fixation à l'aide de crochets type S. Les manipulations sont rangées dans deux fly-caisses.

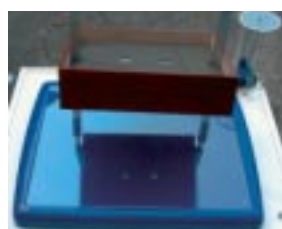
Pour l'installation de l'exposition, il suffit de placer les manipulations sur les tables, en tenant compte des recommandations et indications suivantes :

Manipulation 01, Atmosphère, atmosphère...

Le globe peut être regonflé avec une pompe en dévissant la vis à l'extrémité supérieur.

Manipulation 02, Flotter dans l'espace !

Pour mettre en place de cette manipulation, fixez le portique sur le plateau à l'aide des écrous, en intercalant la boîte en mousse. Puis fixez l'astronaute en accrochant les suspentes au portique et, par en dessous, aux crochets prévus à cet effet sur le plateau. Passez avant les suspentes à travers la mousse dans les tubes. Si nécessaire, les suspentes peuvent être retendues à l'aide des serres câbles à chaque extrémité.



Manipulation 03, Action... réaction !

Raccorder la pompe et le plateau en emboîtant les tuyaux d'air (système "clic") puis positionner la fusée sur la base enfoncée sur l'embout, et bloquez la avec la butée relevée. Positionnez la rampe de lancement en capot de protection.

La hauteur maximale peut être réduite en modifiant la pression maximale d'air avec la valve fixée sur la pompe.



Manipulation 04, Mis'en orbite !

Pas de particularité

Manipulation 05, l'orbitogramme

Mettre une bille à disposition.



Manipulation 06, De l'énergie dans l'espace...

Brancher la manipulation (220 V — 40 W) au secteur. En cas de décharge, laisser la lampe alimenter la batterie quelques heures.

Manipulation 07, l'albédo

Brancher la manipulation (220 V — 40 W) au secteur.

Manipulation 08, Infrarouge et effet de serre

Positionnez le cadre "écran" à proximité ; pour remplacer le film polyéthylène, glissez le support du cadre et utilisez un sac poubelle. Pour changer la pile du thermomètre, situé dans la poignée, dévissez le support avec une clef allen fournie.



Manipulation 09, "Voir" le relief

Emboîtez le bras sur le support. Si le cadran du boîtier indique un faible niveau des piles, changez les piles sous le plateau.

La touche reset est accessible avec un trombone sur le coté du boîtier.



Manipulation 10, Le bill' radar

Mettre une bille à disposition.



Manipulation 11, Images satellitales

Placez la manipulation dans un endroit sans exposition directe à la lumière du jour afin d'éviter de fausser les mesures fournies par le radiomètre. Ce dernier est alimenté par pile d'une puissance de 9 volt accessible en dessous du plateau.

Si nécessaire, refaire l'étalonnage de sensibilité du radiomètre comme indiqué dans la notice du matériel ; pour accéder aux mollettes de réglage, retirez le couvercle du boîtier à l'aide de la clef allen fournie.



Manipulation 12, À bonne distance !

Brancher la manipulation (220 V – 60 W) au secteur.

Lors de la mise en place des manipulations, placez à proximité les lutrins "mode d'emploi".

Notice de démontage

Quelques recommandations...

Lors du démontage de l'exposition, prendre soin d'emballer chaque manipulation dans une feuille de papier bulle. Pour le rangement dans les fly-caisses :

- manip 02, démonter le portique
- manip 03, déboîter le tube (embout "clic", appuyez sur la bague pour libérer le tube) et ranger à part la pompe, le plateau, le capot de protection et la fusée.
- manip 09, déboîter le bras support

Placez dans l'un des fly-caisses, le globe (manip 01) puis en face à face, les manip 06 et 07 au dessus de la manip 08.

Dans l'autre fly-caisse, rangez sur leur flanc, les unes contre les autres, les plateaux des manipulations 02, 03, 09, 10 et 11. Dans l'autre extrémité de la fly-caisse, rangez la manip 12 repliée sur elle-même et au dessus l'orbitogramme (05). Le portique trouve sa place sur un coté tout le long de la fly-caisse.

Pour le petit matériel, les lutrins et les accessoires, profitez des interstices disponibles.



Brochures et CDrom qui accompagnent l'exposition,

L'espace, une aventure sans limites, REVILLION (Marie) ; ed. Milan, coll. les essentiels Junior, 2001 ; 32 pages

Petite encyclopédie facile à lire et à utiliser, elle permet de découvrir et d'approfondir le sujet. Marie Revillion vous y invite à suivre les étapes d'un vol d'Ariane, à visiter une station spatiale et à découvrir le rôle des centaines de satellites en orbite autour de notre planète.

Resources in Earth Observation, Case studies, data and information for schools and developing countries ; ed. CNES 1998 ; CDrom PC-mac
Ce CDrom "Études de cas, données et informations pour l'enseignement et les pays en développement" est une réalisation du CNES au profit du CEOS (comité international pour l'observation de la Terre par satellite).

Idées d'ateliers et d'activité pouvant être menées,

Lors de l'accueil de l'exposition, en amont ou en aval de son utilisation dans un but d'éveil ou pédagogique, bon nombre d'activités peuvent être menées. Ainsi, il est possible en quelques demi-journées de mettre en place une approche expérimentale autour de la construction de fusées à eau, de divers véhicules (ballon, voiture, bateau...) propulsés par eau/air/gaz sur le principe de l'action-réaction et, en partenariat avec une structure habilitée, construction de micro et/ou mini-fusées.

Au nombre des ateliers, l'expérimentation sur l'observation satellitaire peut être réalisée à l'aide de matériel multimédia (radiométrie avec webcam, filtre et logiciel de traitement d'image...) visant à montrer comment un satellite peut lire la signature des sols observés, mais aussi en utilisant de simples ressources documentaires et objets du quotidien (à quoi servent les satellites ? Avec coupure de presse sur météo, course nautique, programmes télé...).

De même, l'approche des contenus astronomiques, en particulier l'exploration de l'Univers, peut donner lieu à des activités sur les distances dans le système solaire, la force centrifuge et la gravité (cf. comète en tissu, tourniquet), le rôle d'un miroir parabolique concentrant la lumière (observation d'étoiles et galaxies lointaines, communication), Y-a-t-il de la vie dans l'Univers ? (Indices et présence d'atmosphère, d'eau suivant diverses photographies d'objets célestes)

Quelques éléments de bibliographie :

Atlas jeunesse du ciel et de l'espace, COUPER (Heather) HENBEST (Nigel) ; ed. Seuil jeunesse, 1993 ; 64 pages

L'atlas, Par satellite, FLINT (David) ; ed. Bayard, coll. J'explore, 1997 ; 64 pages

L'aventure millénaire des fusées, VILAIN (Jacques) ; ed. Presses Pocket, coll. Explora, 1993 ; 127 pages

La conquête du ciel, Des premières fusées aux stations spatiales, MONGES (Ph.) ADAM (Christine) ; ed. La martinière jeunesse, coll. Cogito, 2000 ; 75 pages

La conquête spatiale, HENAREJOS (Philippe) ; ed. Gallimard jeunesse, coll. Octavius, 1999

Contes et récits de la conquête de l'Univers et de l'espace, GRENIER (Christian) ; ed. Nathan, coll. Contes et légendes, 1996 ; 202 pages

Dans le ciel, GRANT (Donald) ; ed. Gallimard jeunesse, coll. mes premières découvertes, 2002 ; 20 pages

Espace, CHAFFARDON, DESJOURS et FEL ; ed. Fleurus, coll. La grande encyclopédie, 2002 ; 334 pages

L'espace, le grand défi, ouvrage collectif ; collection BigB@ng ; ed. Hachette/Cnes

Une odyssée de l'espace : 1961 – 2001, quarante ans d'aventure humaine, BRUNIER (Serge) ; ed. Bordas, 2000 ; 190 pages

Collection BT Espace : PENOT Jean-Pierre/CNES ; ed. Presse et Edition du mouvement Freinet ; 42 pages

L'espace, milieu violent et hostile - 1994 ; Des ballons pour la science - 1994 ; Surprenante impesanteur - 1995 ; Le Soleil et ses planètes - 1996 ; Les " routes " de l'espace - 1998 ; Ariane, lanceur européen - 1998 ; Argos, veilleur de la terre - 1999 ; Topex-Poseidon et Jason 1, mesureurs des océans - 2001 ; La Lune, notre providentielle compagne - 2003 ; Les premiers astronautes - 2003

Support multimédia et sites :

Exploration du système solaire, CSI – La villette ; DCP éditions, diffusion CSI Home vidéo, 1995 ; VHS – Secam 54 minutes.

www.cnes-edu.fr

www.educnet.education.fr

www.planete-sciences.org