

éducation | conférences | évènements
la médiation scientifique
ateliers | animations | formation | exposés

cité

**sciences
et industrie**

Mission spatiale

Ressources



Département Éducation et Formation
educ-formation@universcience.fr

2023

SOMMAIRE

| | | |
|-------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| En un coup d’œil | | 3 |
| Ressources | | |
| I | Glossaire | 4 |
| II | Exemples de missions et de projets spatiaux | 5 |
| III | Médiations en lien avec l’exposition | 14 |
| IV | Séances de planétariums | 17 |
| V | Atelier Explor’Actions | 19 |
| VI | Rencontre-visite enseignants du 13 décembre | 19 |
| VII | Conférences | 20 |
| VIII | Les éditions autour de l’exposition | 24 |
| IX | Suggestion bibliographique | 25 |
| X | Sitographie | |
| | X.1 Sur le Blob | 26 |
| | X.2 Ailleurs | 27 |
| XI | Liens avec les programmes scolaires | 28 |
| XII | Feuille de route de l’exploration spatiale | 28 |
| XIII | Zoom sur les fenêtres de lancement | 30 |
| Informations pratiques | | 33 |

En un coup d'œil

Accessible dès 8 ans, l'exposition permanente *Mission spatiale* est une invitation au voyage dans le temps et dans l'espace. Depuis la fin du XIX^e siècle, l'imaginaire de l'espace a été nourri par la science-fiction et les récits fantastiques par le biais de la littérature, de la bande dessinée, du cinéma et des séries. Les politiques de conquête et d'exploration spatiales l'ont, elles, entretenu et développé, à l'instar du programme Artemis et de la mise en orbite de la *Lunar Gateway*, qui marquent le retour des humains sur la Lune. Lorsque l'imaginaire se confronte à la réalité, ne se heurte-t-il pas à nos limites aussi bien physiques que physiologiques, psychologiques ou encore spatiales et temporelles ?

L'exposition *Mission spatiale* offre aux élèves un voyage dans le monde spatial d'aujourd'hui et de demain. Elle propose à chacun d'entrer dans la peau d'un spationaute et de vivre un rêve éveillé le temps d'une visite. Son parcours, structuré en cinq parties – explorer, voyager, transiter, séjourner, questionner – propose un état des lieux des recherches, des technologies et des réflexions autour des missions spatiales. Il permet à chacun de découvrir la réalité et la complexité de ce domaine pour mieux laisser entrevoir les opportunités que nous offre l'espace, mais aussi leurs limites.

Page de l'exposition sur le site internet de la Cité des sciences et de l'industrie
<https://www.cite-sciences.fr/fr/au-programme/expos-permanentes/mission-spatiale>

Ressources

I Glossaire

Atterrisseur : sonde spatiale atterrissant à la surface d'un corps céleste pour une étude *in situ*. Ex. : *Insight* (Mars), *Viking 2* (Mars), *Venera 13* (Vénus).

Orbiteur : sonde spatiale qui étudie un corps céleste en se plaçant en orbite autour de celui-ci. Ex. : *Mars Express* (Mars), *Cassini* (Saturne).

Régolithe : couche de débris et de poussière de quelques mètres d'épaisseur qui recouvre la surface des corps dénués d'atmosphère ayant subi des impacts météoritiques incessants depuis des milliards d'années, comme la Lune ou Mercure.

Rover / astromobile : L'arrêté du 20 février 1995 relatif à la terminologie des sciences et techniques spatiales recommande l'utilisation du terme *astromobile* à la place de *rover* et le définit ainsi : véhicule conçu pour se déplacer à la surface d'astres autres que la Terre. Ex. : *Lunakhod 2* et *Yutu* (Lune), *Curiosity* et *Zhurong* (Mars). Dans l'exposition, le choix a été fait d'utiliser le terme « rover », quand même plus connu et plus utilisé qu'« astromobile ».

Sonde spatiale : engin non habité destiné à explorer l'espace, muni d'instruments de mesure et d'enregistrement pouvant transmettre des informations à la Terre. Ils peuvent prendre la forme d'un orbiteur, d'un atterrisseur, d'un impacteur, peuvent déposer un rover en surface... ou tout simplement survoler en passant les corps célestes qu'ils doivent étudier.

Télescope spatial : télescope placé au-delà de l'atmosphère. Ex. *Hubble Space Telescope*, *James-Webb Space Telescope*, *Gaia*, *Chandra*.



Crédit : N. Breton / EPPDCSI.

II Exemples de missions et de projets spatiaux

Missions spatiales

Le télescope *James-Webb*

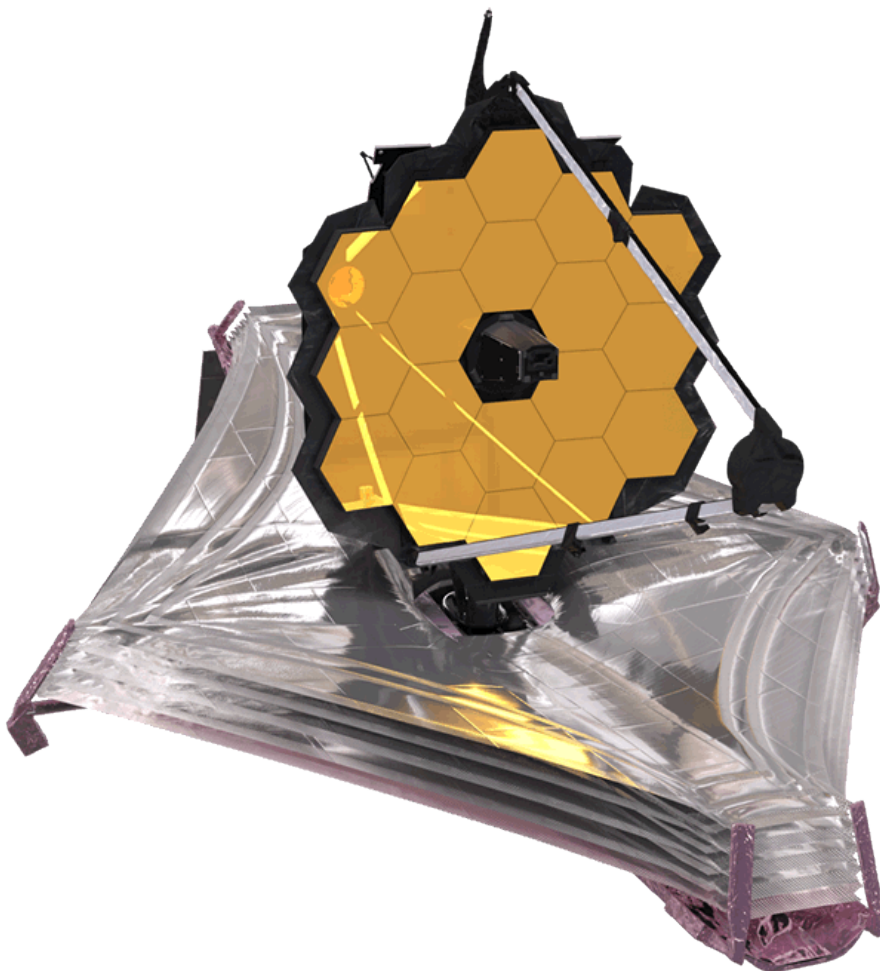
Agence : NASA (États-Unis) / ESA (Europe) / ASC (Canada)

Destination : orbite héliocentrique à 1,5 million de kilomètres de la Terre

Lancement : décembre 2021 Mission en cours

Objectifs : rechercher les premières étoiles et galaxies apparues après le Big Bang ; déterminer l'évolution des galaxies depuis leur formation jusqu'à aujourd'hui ; observer la formation des étoiles des premières étapes jusqu'à l'apparition des systèmes planétaires ; déterminer les caractéristiques physico-chimiques des planètes, que ce soit dans le Système solaire ou dans les systèmes exoplanétaires.

Le télescope *James-Webb* a été lancé le 25 décembre 2021 avec la fusée *Ariane 5*. Arrivé à 1,5 million de kilomètre de la Terre, le télescope a déplié son bouclier thermique, son miroir en nid d'abeille et a pu débuter sa mission : étudier chaque phase de l'histoire de notre Univers, depuis le Big Bang jusqu'à la formation de Système solaire.



Rendu du télescope spatial James-Webb entièrement déployé. Crédit : NASA.

L'atterrisseur *InSight*

Agence : NASA (États-Unis)

Destination : Mars

Lancement : mai 2018 Mission achevée depuis décembre 2022

Objectif : étude de la structure interne de Mars

Cet atterrisseur est arrivé sur Mars le 26 novembre 2018. Équipé de plusieurs instruments scientifiques, *InSight* a pu relever de nombreuses informations sur la planète Rouge. Pour mesurer la température en profondeur, il a été équipé d'une sonde qui n'est pas parvenue à traverser le sol martien, trop rocailleux. Grâce à son système de télécommunication et à la réalisation de l'expérience RISE (Rotation and Interior Structure Experiment), *InSight* a néanmoins pu mesurer les moindres changements de son emplacement afin de mieux comprendre comment oscille Mars sur son axe de rotation. Enfin, à l'aide du sismomètre français SEIS (pour Seismic Experiment for Interior Structure), l'atterrisseur a également capté de nombreux événements sismiques dont un tremblement de terre de magnitude 5.



Le module d'*InSight* qui s'est posé sur Mars, en cours d'assemblage avec ses panneaux solaires déployés.
Crédit : NASA / JPL-Caltech / Lockheed Martin.

L'orbiteur *Akatsuki*

Agence : JAXA (Japon)

Destination : Vénus

Lancement : mai 2010 Mission en cours

Objectif : étude du climat vénusien

Akatsuki signifie « Aube » en japonais. Cet orbiteur travaille auprès de Vénus, appelée aussi *l'étoile du matin*, ce qui explique le nom de celui-ci. Il a intégré l'orbite de Vénus le 7 décembre 2015. Sa mission consiste en une analyse des phénomènes météorologiques qui se produisent sur la planète. Pourquoi s'y intéresser ? Parce que si Vénus et la Terre se sont formées à partir du même matériau et qu'elles possèdent de nombreuses similitudes (taille, masse et densité), Vénus, plus proche du Soleil, est devenue un enfer dominé par un effet de serre considérable qui porte la température de surface à plus de 450 °C. L'étude du climat vénusien permet donc d'améliorer notre connaissance des conséquences de l'augmentation actuelle de l'effet de serre sur Terre mais aussi, sur le très long terme – un milliards d'années – de voir comment la Terre réagira à l'inévitable augmentation de la luminosité du Soleil.

Le rover *Zhurong*

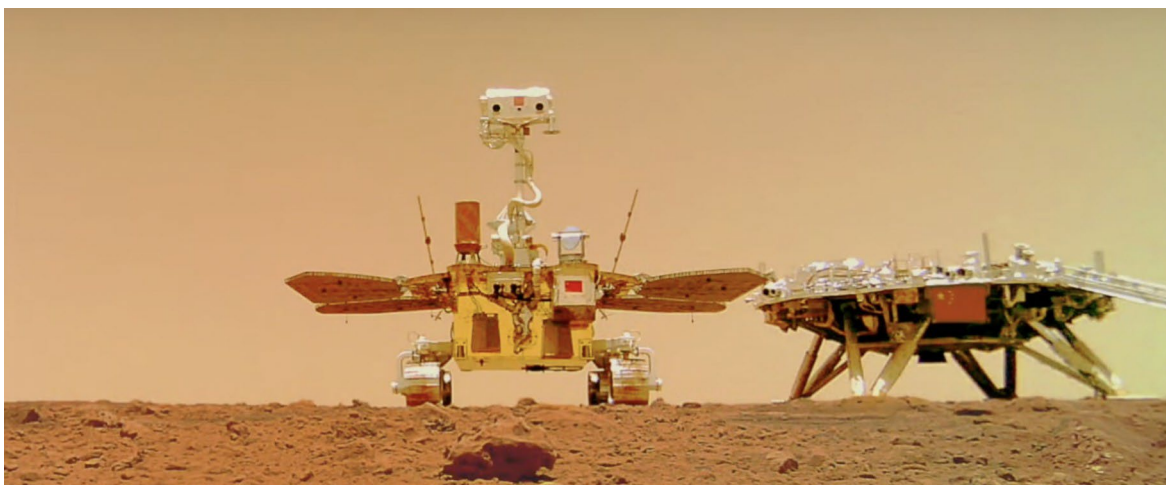
Agence : CNSA (Chine), rover de la mission *Tianwen-1*

Destination : Mars

Lancement : juillet 2020 Mission en cours mais rover silencieux depuis mai 2022

Objectif : étude de la surface martienne

Zhurong est la première mission martienne pour l'agence spatiale chinoise. Son atterrissage a eu lieu le 15 mai 2021. Ce rover est équipé de plusieurs caméras, de six roues motorisées, le tout alimenté par quatre panneaux solaires posés sur son dos. Il possède aussi un radar, un magnétomètre, une station climatique et un détecteur de composition. Sa mission : étudier la surface et l'atmosphère de Mars. Il a notamment découvert des traces de la présence passée d'eau salée. Son dernier message date du 20 mai 2022 et il est depuis entré en hibernation programmée pour l'hiver martien. Depuis décembre 2022, date prévue initialement pour son réveil, les ingénieurs chinois tentent de rétablir le contact avec le rover, sans succès.



« Selfie » de groupe du rover *Zhurong* et de l'atterrisseur *Tianwen-1*, pris par une caméra déployable que le rover avait préalablement déposée au sol. Crédit : China News Service.

La sonde *Voyager 1*

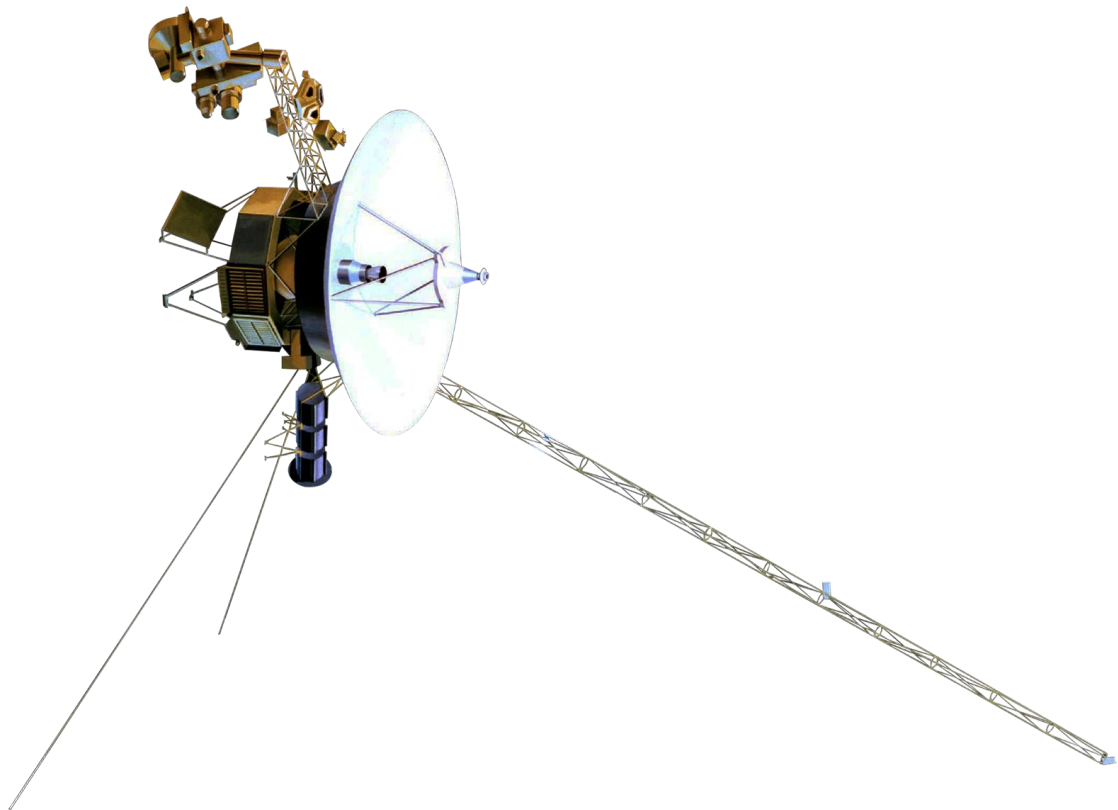
Agence : NASA (États-Unis)

Destination : espace interstellaire

Lancement : septembre 1977 Progrès dans l'espace interstellaire depuis 2012

Objectif : étude des planètes externes du Système solaire (Jupiter et Saturne)

Voyager 1 est une sonde de survol qui se déplace dans l'espace sans jamais être en orbite. Elle a été lancée à partir du centre spatial Kennedy (Floride, États-Unis) le 5 septembre 1977. La particularité de cette sonde est d'être munie de trois générateurs thermoélectriques à radioisotope : les matériaux radioactifs qui les composent produisent de la chaleur qui est ensuite convertie en électricité. Cela lui permet d'aller toujours plus loin du Soleil sans être dépendante de son énergie. Cette sonde a permis la découverte des premiers volcans actifs extraterrestres sur le satellite Io et des premiers éclairs extraterrestres dans l'atmosphère de Jupiter. Elle se trouve aujourd'hui à plus de 24 milliards de kilomètres de la Terre, dans l'espace interstellaire.



Les sondes *Voyager 1* et *Voyager 2* sont des sondes jumelles qui ont été lancées à 16 jours d'écart. *Voyager 2*, en plus de Jupiter et Saturne, a survolé les planètes Uranus (janvier 1986) et Neptune (août 1989). À ce jour, il s'agit de la seule sonde à avoir rendu visite à ces deux lointaines géantes glacées. Crédit : NASA.

Le rover *Perseverance*

Agence : NASA (États-Unis)

Type : rover de la mission *Mars 2020*

Destination : Mars

Lancement : juillet 2020

Mission en cours

Objectifs : étude de la surface martienne et collecte d'échantillons

Le rover *Perseverance* a été déposé sur Mars en 2021. Il est équipé de SuperCam, un outil en partie français ! Version enrichie de ChemCam qui équipait le rover *Curiosity*, la tête de *Perseverance* embarque cinq outils d'analyse du sol, des roches et de l'atmosphère de Mars. À l'aide de son bras robotique muni d'une foreuse, *Perseverance* peut prélever des échantillons de roches. Un mécanisme interne les récupère et les scelle dans des tubes qu'il place dans le corps du rover. Une partie de ces tubes est ensuite déposée au sol par le rover à des endroits stratégiques, dans l'attente de la mission de retour d'échantillons prévue par la NASA et l'ESA.



« Selfie » du rover *Perseverance*. Crédit : NASA.



Le petit (1,8 kg) hélicoptère *Ingenuity*, déposé par *Perseverance* après avoir effectué le voyage vers Mars fixé sous le châssis du rover, a maintenant plusieurs dizaines de vol à son actif ! Crédit : NASA.

L'atterrisseur *Huygens*

Agence : ESA, partie de la mission *Cassini-Huygens*, NASA (États-Unis) / ESA (Europe)

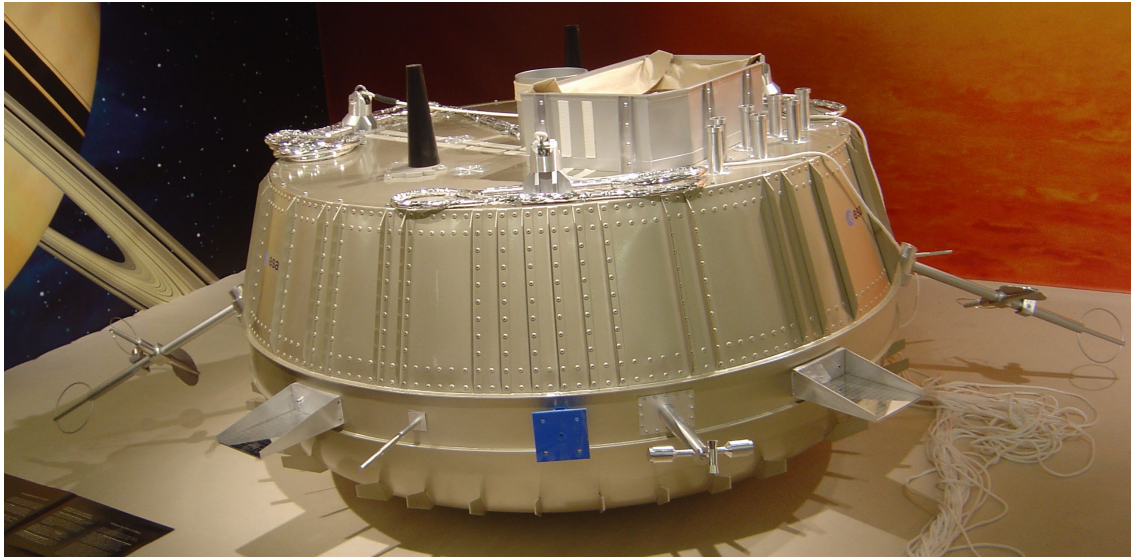
Type : atterrisseur

Destination : Titan, satellite de Saturne

Lancement : octobre 1997 Mission achevée depuis janvier 2005

Objectifs : étude de l'atmosphère et de la surface de Titan

Le duo *Cassini-Huygens* s'envole en 1997 pour Saturne. Quelques mois après s'être placée en orbite autour de la planète, après plus de sept ans de voyage, la sonde *Cassini* (NASA) largue l'atterrisseur *Huygens* (ESA) sur son satellite Titan. L'atterrissage le plus éloigné de la Terre à ce jour ! Conçu pour collecter des informations sur l'atmosphère de Titan lors de ses deux heures de descente, *Huygens* communiquait les données via *Cassini*. Les scientifiques accordaient trois minutes de survie à sa batterie après atterrissage ; une fois posé, l'atterrisseur a en fait transmis des données pendant plus d'une heure !



Réplique de *Huygens* présentée au Salon Européen de la Recherche (Paris, juin 2005). Crédit : David Monniaux.

L'orbiteur *Juice*

Agence : ESA

Type : orbiteur

Destination : système jovien (Jupiter)

Lancement : avril 2023 En transit vers Jupiter

Objectifs : étude des océans subglaciaires des satellites de Jupiter

Comment la vie s'est-elle développée sur Terre ? Pour répondre à cette question, c'est vers l'autre bout du Système solaire que l'ESA a lancé l'orbiteur *Juice*, en 2023. Après 8 ans de voyage, il effectuera des survols au-dessus de trois satellites de Jupiter, Callisto, Europe et Ganymède, puis se placera en orbite autour de ce dernier. Sous la surface de ces satellites glacés, des océans liquides pourraient réunir les conditions favorables à l'apparition de la vie. *Juice* embarque le spectromètre imageur MAJIS (Moons And Jupiter Imaging Spectrometer), instrument scientifique français qui permettra de déterminer la composition des surfaces des satellites.

L'orbiteur *Venus Express*

Agence : ESA (Europe)

Type : orbiteur

Destination : Vénus

Lancement : novembre 2005 Mission achevée depuis décembre 2014

Objectif : étude de la planète et de son atmosphère

L'ambition des scientifiques et ingénieurs ayant donné vie à *Venus Express* était d'étudier l'atmosphère de Vénus sur le long terme, ce qui n'avait jamais été réalisé jusqu'alors. La sonde a ainsi permis de découvrir de nombreux phénomènes comme, entre autres :

- l'existence d'un cyclone variable et instable au pôle Sud ;
- des indices d'une activité volcanique récente voire actuelle ;
- la mesure du léger ralentissement de la vitesse de rotation du globe solide de la planète. Rappelons qu'elle fait un tour sur elle-même en quelque 243 jours ;
- à l'inverse, l'accélération de la super-rotation de la haute atmosphère, à qui il ne faut que 4 jours pour faire un tour du globe ;
- la présence d'une très fine couche d'ozone (O₃) du côté jour de la planète. Elle est absente du côté nuit ;
- la détection d'un échappement d'eau de l'atmosphère.

L'orbiteur *Rosetta* et l'atterrisseur *Philae*

Agence : ESA (Europe)

Type : orbiteur (*Rosetta*) et atterrisseur (*Philae*)

Destination : comète Tchourioumov-Guérassimenko, dite « Tchouri »

Lancement : mars 2004 Mission achevée depuis septembre 2016

Objectifs : étude de la comète à distance et *in situ*

Rosetta est un orbiteur : il permet d'étudier l'ensemble de la surface et de l'atmosphère de l'astre, de réaliser des analyses à distance ou encore d'acheminer et de déposer un rover ou un atterrisseur à la surface. *Rosetta* s'est placée en orbite autour de la comète Tchouri, puis a cartographié l'objet pendant plusieurs mois. Une fois le meilleur site d'atterrissage identifié, elle a largué un petit atterrisseur du nom de *Philae*. Sur place, celui-ci a pu mener quelques analyses supplémentaires.



Vue d'artiste de la sonde *Rosetta*. Crédit : ESA / ATG medialab.

Vaisseau spatial

Le vaisseau *Orion*

Agence : NASA (États-Unis) / ESA (Europe)

Type : vaisseau spatial

Date : premier vol en 2022

Le vaisseau *Orion* peut emmener quatre astronautes lors d'un voyage aller-retour sur la Lune. Ils vivent et travaillent dans le module de commande, blindé contre les rayonnements et les impacts des micrométéorites. Le module de service européen (ESM) assure la propulsion et le maintien de la trajectoire. Ses quatre panneaux solaires orientables captent un maximum de lumière solaire. L'électricité maintient une température et une pression de manière correcte à l'intérieur du module. L'ESM fournit également l'air et l'eau aux astronautes.

Moteur de fusée

Prometheus

Type : moteur de fusée

Date : 2030

Constructeur : ArianeGroup

Prometheus est un moteur-fusée développé pour expérimenter les futurs moteurs réutilisables qui propulseront les lanceurs succédant à *Ariane 6*. Fonctionnant à l'oxygène et au méthane liquides, il est contrôlé à 100 % de façon électronique et la moitié de ses composants sont fabriqués par une imprimante 3D. Prometheus pourrait être réutilisé cinq à dix fois et il devrait coûter dix fois moins cher que le moteur Vulcain d'*Ariane 6*. Prometheus est un programme de l'ESA développé par ArianeGroup.

Concepts d'habitats spatiaux

Lunar Habitat

Ce concept pionnier d'habitat lunaire – pensé par Foster + Partners – a été l'un des premiers à proposer une construction à base de régolithe lunaire. Son principe est devenu une référence : une enveloppe intérieure gonflable ou semi-rigide, conçue pour être transportée et déployée facilement, protégée par une coque extérieure imprimée en 3D à partir de matériaux locaux.

<https://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation>

Moon Village

Et si l'habitat lunaire assurait aussi un certain bien-être ? Ces modules verticaux offrent un environnement confortable pour vivre et travailler. Ils comptent plusieurs étages, avec une cheminée centrale dans laquelle les astronautes peuvent aisément se déplacer grâce à la faible gravité lunaire. Les habitats sont conçus pour être reliés entre eux afin de former un village lunaire.

<https://www.som.com/research/moon-village/>

Lunar Lantern

La Lunar Lantern possède une structure extérieure en pétales qui ne sont pas seulement décoratifs : ils sont conçus pour protéger l'intérieur et peuvent être remplacés en cas d'impact de micrométéorites. Un système de fibres optiques dirige la lumière extérieure vers l'intérieur de l'habitat tout en la modulant, jusqu'à l'éteindre afin de simuler la nuit.

<http://www.spacearch.com/lunar-lantern>

<https://www.spacearch.com/lunar-lantern>

X-House 2

La X-House 2 (2019) est une habitation qui se compose de deux bulbes gonflables reliées par un sas et recouvertes de régolite martienne. Les ouvertures laissant passer la lumière sont inclinées à moins de 30°, afin de minimiser l'impact des radiations spatiales. Le bâtiment s'inspire ici des maisons scandinaves traditionnelles.

<https://spacearchitect.org/portfolio-item/mars-x-house-v2/>

Mars Habitat

Des équipes de robots parachutés sur la surface martienne construisent cet habitat en utilisant le régolithe – le sol meuble et les roches que l'on trouve à la surface de Mars. Semi-autonomes et dotés chacun d'un rôle spécifique, ils sont conçus pour accomplir leur mission avec un minimum d'intervention humaine, indispensable compte tenu de l'immense distance et des retards de communication entre la Terre et Mars.

Mars 3D-printed habitat

Cet habitat modulaire sera construit en deux temps. Premiers arrivés, des robots autonomes planteront une vaste coque fabriquée sur place à partir de régolithe. Puis les humains débarqueront pour construire, sous cette coque, une série d'unités gonflables reliées entre elles par des sas : logements, lieu de stockage, gymnase, hôpital...

<https://www.nasa.gov/prizes-challenges-and-crowdsourcing/centennial-challenges/3d-printed-habitat-challenge/>



III Médiations en lien avec l'exposition

Planètes Académie

Du CP au CE2

Durée : 30 minutes de projection au planétarium suivies de 60 minutes d'atelier

Cette séance se présente sous un format hybride en deux temps :

- Une projection animée du livre jeunesse *Planètes en vue !* au Planétarium ;
- Un atelier qui reprendra avec les enfants les fondamentaux au sujet du Système solaire.

Il s'agit d'une première approche de l'astronomie, où l'on explore le Système solaire et les corps célestes qui le composent, dans un premier temps grâce aux observations possibles depuis la Terre, puis depuis l'espace.

Objectifs

- Définir ce qu'est l'astronomie et définir les objets visibles depuis la Terre.
- Comprendre l'organisation du Système solaire.
- Découvrir les caractéristiques des huit planètes du Système solaire.

Plus d'informations ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-visite/animations-scientifiques/animations-scientifiques-cycle-2/planetes-academie>

Astronomômes

Du CP au CE2

Durée : 60 minutes

Il s'agit d'une première approche de l'astronomie, où l'on explore le Système solaire et les corps célestes qui le composent, dans un premier temps grâce aux observations possibles depuis la Terre, puis depuis l'espace.

Objectifs

- Définir ce qu'est l'astronomie et définir les objets visibles depuis la Terre.
- Comprendre l'organisation du Système solaire.
- Découvrir les caractéristiques des huit planètes du Système solaire.

Plus d'informations ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-visite/animations-scientifiques/animations-scientifiques-cycle-2/astromomes>

Mesure et démesure

Du CM1 à la 6^e

Durée : 60 minutes

Pas facile de calculer la distance Terre-Lune en petits pois, encore moins celle qui nous sépare de Jupiter. Et qu'en est-il de la taille de notre galaxie ? Venez découvrir les différentes échelles spatio-temporelles *via* un voyage immersif au fin fond de l'Univers !

Objectifs

- S'initier à la notion d'échelle dans l'Univers.
- Découvrir les astres de l'Univers et leur taille respective.
- Appréhender la vitesse de la lumière.
- Comprendre les conversions d'échelle d'un point de vue mathématique.

Plus d'informations ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-visite/animations-scientifiques/animations-scientifiques-cycle-3/mesure-et-demesure>

Mission Hécate

De la 6^e à la 2^{de}

Durée : 45 minutes

Participez à cette visite interactive : Le centre de contrôle de la mission lunaire *Hécate* est en alerte ! Vous voilà dans la peau des techniciens et ingénieurs restés sur Terre...

Objectifs

- Visiter de façon interactive et ludique l'exposition permanente *Mission spatiale*.
- Découvrir les défis physiques et psychologiques liés à l'envoi d'humains dans l'espace.
- Prendre conscience de la complexité des enjeux d'habitation à long terme sur la Lune.
- S'interroger et travailler en équipe à la recherche d'informations et à la résolution de problèmes.

Plus d'informations ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-visite/animations-scientifiques/physique-mathematiques-astronomie/mission-hecate>

De la fiction dans la science

De la 6^e à la terminale

Cet exposé interactif ouvrira aux scolaires en janvier 2024

Durée : 45 min

À partir d'exemples concrets tirés de thématiques de fiction de culture populaire (les super-pouvoirs, les voyages spatiaux, etc.), les élèves sont invités à découvrir les influences réciproques entre l'imaginaire et la démarche scientifique à travers de plusieurs grandes questions.

Objectifs

- Découvrir que les œuvres de fiction et la recherche partagent un imaginaire commun.
- Comprendre à travers des expériences les concepts scientifiques évoqués dans des œuvres de fiction.

Plus d'informations ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-visite/animations-scientifiques/ateliers-archives/de-la-science-dans-la-science-fiction-1-1>



Physique spatiale

De la 5^e à la terminale

Durée : 45 min

À quelles contraintes les astronautes sont-ils confrontés ? Des expériences originales illustrent les conditions de voyage dans l'espace : température, pression, impesanteur...

Objectifs

- Se questionner sur les contraintes de la vie dans l'espace.
- Imaginer des expériences de pensée, utiliser les notions apprises au collège et au lycée en physique et en chimie pour interpréter les expériences.
- Interpeller les élèves avec des expériences originales, voire contre-intuitives, utilisant le vide et l'azote liquide.

Plus d'informations ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-visite/animations-scientifiques/physique-mathematiques-astronomie/physique-spatiale>

IV Séances de planétariums

Au planétarium de la Cité des sciences et de l'industrie

Grâce à ses dix vidéoprojecteurs, ce planétarium bénéficie d'un système de projection Laser Haute Définition en 8K. Le détail illimité du simulateur astronomique vous donnera une sensation de profondeur, d'immensité et rendra l'expérience impressionnante... Laissez-vous surprendre !

L'ensemble des séances est présenté ici :

<https://www.cite-sciences.fr/fr/au-programme/activites-spectacles/le-planetarium>

Voici le programme du mardi 7 novembre au dimanche 22 décembre 2023 :

Planètes en vue !

Jeune public, âge conseillé : 6-9 ans

à 10h15 : le mardi et le jeudi

Lucia, le secret des étoiles filantes

à 11h : du mardi au dimanche

Parés au décollage !

Jeune public, âge conseillé : à partir de 5 ans

à 12h : du mardi au dimanche

Entre et Terre et ciel... La Lune

Tout public

à 14h : du mardi au dimanche

Histoire d'astronomie, le ciel au Moyen Âge

Tout public

à 15h : du mardi au dimanche

Les explorateurs de l'espace : l'expérience ISS

Tout public

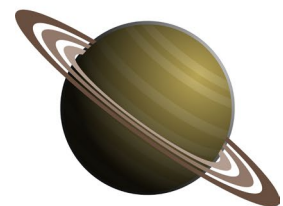
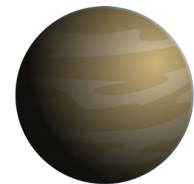
à 16h : du mardi au vendredi

à 16h et 17h : le samedi et le dimanche

Pink Floyd : The Dark Side Of The Moon

Tout public, conseillé à partir de 12 ans

à 18h : le dimanche



Les horaires sont régulièrement mis à jour ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/au-programme/animations-spectacles/planetarium/les-horaires-par-periode>.

Au planétarium des Étincelles du Palais de la découverte

Voyage dans le Système solaire

À partir du cycle 3

Le Système solaire est riche de nombreux astres fascinants et encore assez méconnus. Au départ de la Terre, un astronome décrit les mouvements des planètes dans le ciel et invite le spectateur à s'en approcher afin de les étudier de plus près.

Odyssée vers d'autres mondes

Niveau lycée

Quelle n'aurait pas été la surprise des Anciens d'apprendre ce que nous savons aujourd'hui, à savoir que les étoiles sont des astres de même nature que notre soleil et que beaucoup d'entre elles sont, à l'instar de notre étoile, entourées de planètes ? Laissez-vous guider par un astronome qui vous embarquera pour un voyage, qui commencera par la découverte du ciel étoilé, puis nous emmènera explorer les mondes exotiques de notre Système solaire, avant de nous entraîner dans une expédition interstellaire à la découverte des mondes exoplanétaires de notre galaxie.

Mars, la nouvelle frontière

À partir du cycle 4

Mars est une planète connue des observateurs depuis la nuit des temps. Mais son point rouge dans le ciel n'a dévoilé ses secrets qu'à partir des premières sondes spatiales dans le Système Solaire dans les années 1960. Avec plus d'une quarantaine de missions spatiales dédiées à Mars, elle est aujourd'hui la planète la plus étudiée de notre système. En apparence désertique, elle recèle pourtant de nombreuses surprises dans son histoire, mais également des fantasmes de colonisation et de terraformation pour la rendre habitable...

Les Étincelles du Palais de la découverte sont ouvertes tous les jours sauf les lundis. Des créneaux horaires sont réservés pour les groupes scolaires. **Ces trois thèmes sont réservables aux horaires suivants :**

- les mardi, jeudi et vendredi à 10 h 00, 11 h 20, 14 h 20 et 15 h 40 ;
- le mercredi à 10 h 00 et 11 h 20.

Retrouvez toutes les informations pratiques pour réserver ici :

<https://www.palais-decouverte.fr/fr/venir-nous-voir/les-etincelles/preparez-votre-visite/visitez-en-groupe>



V Atelier Explor'Actions

L'atelier [Explor'Actions](https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/formations-et-projets/ateliers-pedagogiques) autour de l'exposition *Mission spatiale* est idéal pour préparer votre future visite de groupe, s'inspirer et découvrir de nombreuses ressources et activités, imaginer des projets pédagogiques et échanger entre professionnels. L'atelier interactif et collaboratif est proposé gratuitement aux professionnels de l'éducation.

<https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/formations-et-projets/ateliers-pedagogiques>

Au programme :

- Visite commentée de l'exposition
- Présentation des ressources et offres disponibles sur les thématiques proches
- Temps collectif entre pairs, pour élaborer son propre parcours

Une première séance a pris place le mercredi 15 novembre 2023 et elle pourra être reprogrammée. Consultez le lien ci-dessus pour rester informé.

VI Rencontre-visite enseignants le 13 décembre 2023

À l'occasion de l'ouverture de l'exposition permanente *Mission spatiale* à la Cité des sciences et de l'industrie, Universcience propose à la communauté éducative une « rencontre-visite » exceptionnelle **le mercredi 13 décembre 2023** après-midi. Plusieurs moments forts ponctueront cette journée : **une interview de Claudie Haigneré**, astronaute, scientifique et médecin, ayant conseillé le directeur général de l'European Space Agency (ESA) sur les sujets d'exploration habitée, **une table ronde** sur le thème « L'aventure spatiale : une aubaine pour susciter des vocations et le goût des sciences » et **une visite** accompagnée par la co-commissaire de l'exposition *Mission spatiale*.

Programme :

14 h 15 – 14 h 30 : **accueil**.

Distribution du programme et des billets de l'exposition.

14 h 30 – 15 h 45 **T'éduc** « L'aventure spatiale, une aubaine pour susciter les vocations et le goût des sciences ».

Interview de **Claudie Haigneré**, astronaute, scientifique et médecin ayant conseillé le directeur général de l'European Space Agency (ESA) sur les sujets d'explorations habitées.

Table-ronde :

- **Sophie Lecuyer**, co-commissaire de l'exposition *Mission spatiale*.
- **Philippe Achilléas**, directeur de l'institut de droit de l'espace et des télécommunications, directeur du master Droit des activités spatiales et des télécommunications, vice-doyen de la faculté Jean Monnet (Université Paris-Saclay), membre du comité scientifique de l'exposition *Mission spatiale*.
- **Evelyne Cortiade-Marché**, cheffe du service éducation-jeunesse du CNES.

L'interview de Claudie Haigneré comme la table ronde qui suivra seront animées par Marie-Catherine Mérat, journaliste scientifique.

16 h 00 – 17 h 30 : Visite accompagnée par la co-commissaire de l'exposition.

Les T'éduc proposent un rendez-vous régulier à la communauté éducative et aux médiateurs culturels et scientifiques. Ils les invitent à une réflexion collective autour d'un thème avec l'appui et l'expertise d'intervenants et la participation de tous. Ils nourrissent les approches éducatives et la dynamique de projet et incitent à la réflexion autour des nouvelles formes de médiation.

Retrouvez la description des prochains T'éduc et les compte rendus des T'éduc passés ici : <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/formations-et-projets/teduc>

VII Conférences

La Cité des sciences et de l'industrie organise régulièrement des cycles de conférences dont vous pouvez obtenir le programme [ici](#). Dans le cadre de l'exposition *Mission spatiale*, le cycle [Humains dans l'espace](#) a pour descriptif :

« Depuis 1961 et Youri Gagarine, quelques centaines d'astronautes se sont rendus dans l'espace et peu ont posé leurs pieds sur un sol extraterrestre. A l'aube d'un retour de l'homme sur la Lune, qu'avons-nous appris des différentes missions spatiales ? Quels sont les principaux défis et contraintes des voyages spatiaux longues distances ? Comment pense-t-on les futurs habitats non terrestres ? Huit rendez-vous pour discuter avec nos invités, scientifiques, astronautes, ingénieurs, architectes et profiter des performances artistiques de comédiens et musiciens. Embarquez pour le premier voyage interstellaire en participant à notre conférence scénarisée. Bienvenue dans l'espace !

Conférences accompagnées de spectacles, à l'occasion de l'ouverture de l'exposition Mission spatiale et de l'exposition des photographies de Vincent Fournier à la Cité des sciences et de l'industrie. »

Ce cycle propose plusieurs conférences. Pour une participation en présentiel, il est fortement conseillé de réserver gratuitement vos places. Une description du contenu des conférences, la liste des intervenants et les liens permettant de les suivre en direct sur internet sont proposés ici :

<https://www.cite-sciences.fr/fr/au-programme/activites-spectacles/conferences/humains-dans-lespace>.

En raison des horaires proposés, les conférences concernent d'abord les enseignants et non leurs classes.

Architecture spatiale : habiter l'extrême

Samedi 25 novembre à 16 h

1^{re} partie : table-ronde

L'exploration spatiale fascine l'humanité depuis les années 60. Elle nourrit l'imaginaire des films de science-fiction, des artistes mais également des architectes qui s'en inspirent pour esquisser leur vision et leur réponse aux défis de ces milieux extrêmes. Comment les architectes imaginent ces habitats extraterrestres ? Quelles sont leurs solutions pour permettre à l'humain de survivre à de telles conditions ? Ces utopies peuvent-elles se concrétiser ? Que nous apprennent-elles sur notre relation à notre propre planète ? Avec :

- **Xavier de Kestelier**, chef du service conception, Hassel Studio
- **Grégory Navarro**, ingénieur Spaceship France, CNES
- **Anne-Lyse Renon**, MCF design, Université Rennes 2 – Centre Alexandre Koyré
- **Jacques Rougerie**, architecte, académicien
- Modération : **Jean-Luc Dauvergne**, journaliste scientifique au magazine *Ciel & Espace*

2^e partie : projection (uniquement sur place)

Projection du documentaire [The High Frontier](#): The Untold Story of Gerard K. O'Neill, Réal. Ryan Stuit, High Frontier Movie, LLC. prod. [Multiverse Media](#), États-Unis, 2021, 91 mn, vostf.

Ce film dévoile l'héritage du physicien de Princeton et visionnaire de l'espace, Gerard K. O'Neill. Dans son livre *The High Frontier : Human Colonies in Space* (La Grande Frontière : les colonies humaines dans l'espace), paru en 1977, il établit un plan pour l'installation d'habitats hors de la Terre. A l'époque, cela déclenche un mouvement populaire pour « ouvrir la haute frontière » et rendre l'espace disponible et bénéfique pour toute l'humanité. Ses travaux ont inspiré des générations d'ingénieurs et d'auteurs de science-fiction.

En présence de :

- **Xavier de Kestelier**, chef du service conception, Hassel Studio
- **Anne-Lyse Renon**, maître de conférences en design, Université Rennes 2 – Centre Alexandre Koyré
- **Jacques Rougerie**, architecte, académicien

Odysée interstellaire, embarquement immédiat

Samedi 16 décembre à 16 h

A partir de 10 ans - uniquement sur place - Séance exceptionnelle au Planétarium de la Cité des sciences et de l'industrie (niveau 2)

Embarquez pour le premier voyage de l'humanité au-delà du Système solaire ! Conférence participative et scénarisée autour de l'utopie d'un voyage interstellaire et multigénérationnel à destination d'une exoplanète.

Vous voyagez à bord de *Pegasus*, le premier vaisseau spatial interstellaire humain, qui emporte 5000 femmes et hommes vers un nouveau soleil. Le *Pegasus* est un vaisseau

géant, générationnel à bord duquel 4 à 5 générations d'humains nous auront précédé quand nous arriverons. Destination : Proxima Centauri b, une planète en orbite autour de Proxima du Centaure, un soleil situé à 4,37 années-lumière de notre système solaire.

Au cours des deux heures qui viennent, vous allez devoir prendre des décisions qui impacteront l'avenir de tous ceux qui voyagent avec vous. Pour vous aider à avancer collectivement, vous bénéficiez des éclairages d'un conseil scientifique. Que l'aventure commence. Bon voyage ! Avec :

- **Jacques Arnould**, chargé d'éthique, CNES
- **Roland Lehoucq**, astrophysicien, CEA
- **Lucie Poulet**, chercheuse, Institut Pascal de Clermont Ferrand

Animation :

- **Florence Porcel**, journaliste et **Olivier Parent**, prospectiviste
- Direction éditoriale : Le Comptoir Prospectiviste



Futur astronaute : comme un ours en hiver

Samedi 6 janvier 2024 à 16 h

Projection-débat

Les astronautes aujourd'hui peuvent perdre jusqu'à 20% de masse musculaires, malgré la présence d'équipements sportifs et le suivi de protocoles stricts à bord de la Station spatiale internationale. Les étonnantes capacités physiques de l'ours inspirent la recherche médicale. Comment l'animal peut-il rester sans bouger durant six mois sans développer de problèmes cardiaques, rénaux, osseux ou musculaires ? Des scientifiques mènent l'enquête entre laboratoires et forêts. Ces recherches prometteuses intéressent

la médecine spatiale pour améliorer la santé des astronautes après leurs séjours dans l'espace et lors des futurs vols habités.

1ère partie : projection (uniquement sur place)

Projection du documentaire Fort comme un ours, réal. Thierry Robert et Rémy Marion, prod. Le Cinquième Rêve, Pôles d'images, ARTE France, 2018, 52 mn.

2ème partie : table-ronde

Avec :

- **Fabrice Bertile**, biologiste, chercheur à l'Institut pluridisciplinaire Hubert Curien à Strasbourg
- **Etienne Lefai**, biologiste, directeur de recherche à l'INRAE
- **Guillemette Gauquelin-Koch**, responsable des Sciences de la Vie au CNES
- **Romain Charles**, ingénieur ESA (*sous réserve*)
- **Rémy Marion**, réalisateur

Séance animée par **Gilles Dawidowicz**, vice-président de la Société astronomique de France.

La Cité des sciences et de l'industrie vous propose de revivre, **en replay**, les très **nombreuses conférences** qui y ont été données **depuis 2003**, en lien avec la **thématique de l'exposition**.

<https://www.cite-sciences.fr/fr/ressources/conferences-en-replay/univers>

De plus, la **bibliothèque de la Cité des sciences et de l'industrie** propose, le **dimanche 17 décembre**, deux débats en lien avec la thématique de l'exposition :

Penser le voyage spatial comme processus de création littéraire

Dimanche 17 décembre 2023 à partir de 14 h

En présence de :

- **Émilie Querbalec**, autrice et diététicienne-nutritionniste
- **Pierre Raufast**, auteur travaillant dans la cybersécurité
- **Charlotte Volper**, anthologiste et éditrice en charge de la collection des étoiles montantes de l'imaginaire chez Pocket Imaginaire

Modération :

- **Mélanie Daubié**, responsable du rayon imaginaire, Gibert Joseph Paris 6
- Ventes et dédicaces des romans des auteurs invités à la librairie-boutique.

La science dans la science-fiction

Dimanche 17 décembre 2023 à partir de 16 h 30

En présence de :

- Jean Krug, glaciologue et auteur
- Étienne Cunge, spécialiste en développement durable et auteur
- Floriane Soulas, ingénieur logiciel en génie mécanique et autrice

Modération :

- Fabrice Chemla, professeur à Sorbonne Université spécialisé en Chimie moléculaire, passionné de science-fiction et auteur d'un chapitre du livre *Étonnante chimie* sur le roman Dune

Ventes et dédicaces des romans des auteurs invités à la librairie-boutique.

VIII Les éditions autour de l'exposition

Un documentaire jeunesse

Mission spatiale de Roland Lehoucq. Coédité par les Éditions Fleurus et la Cité des sciences et de l'industrie, dans la collection « La Grande imagerie ».

Un livre riche en images, publié dans la première collection de documentaires en France, pour découvrir la conquête spatiale : depuis quand va-t-on dans l'espace, comment fonctionne une fusée, pourquoi voyage-t-on aussi loin ? L'ouvrage vise à sortir des approches lénifiantes sur l'aspect extraordinaire du métier de spationaute en exposant dans chacune de ses onze double-pages pourquoi et comment on va dans l'espace. Il montre à la fois les avantages et les inconvénients de l'exploration spatiale et de l'arrivée des humains dans l'espace.

Relié, 32 pages, format 23,5 x 29,5 cm ; prix public : 8,95€.

Un cahier d'activités pour les 8-12 ans

Il s'agit du deuxième numéro de la collection « Les carnets d'exposition ».

Des jeux et activités proposés pour découvrir quelles sont les compétences pour devenir astronaute, ce qui compose une fusée ou encore à quoi servent les robots et les sondes envoyées dans l'espace...

À partir de 8 ans, textes : Sylvie Baussier et Michel Viso, illustrations : Tomoë Sugiura, 32 pages, format 15 x 21 cm, prix : 5,95€.



IX Suggestion bibliographique

La bibliothèque de la Cité des sciences et de l'industrie propose une sélection d'ouvrages à lire ou à emprunter en lien avec la thématique de l'exposition.

https://cite-sciences.primo.exlibrisgroup.com/discovery/collectionDiscovery?vid=33CSI_INST:33CSI_VU1&collectionId=8141837530004176

- L. Haddad, G. Duprat, *Mondes. Mythes et images de l'Univers*, éd. Seuil, 2016.
- J.-P. Luminet, M. Lachièze-Rey, *De l'infini. Horizons cosmiques, multivers et vide quantique*, éd. Dunod, 2019.
- N. Loiseau, *L'astrophysique expliqué par la science-fiction*, éd. L'Étudiant, 2023.
- J. Kieken, *L'eau dans l'Univers*, éd. CNRS, 2023.
- M. Gounelle, *Les météorites*, éd. Presses universitaires de France, coll. Que sais-je ?, 2022.
- T. Marlier, P.-F. Mouriaux, *Profession astronaute*, éd. Paulsen / Arte, 2023.
- J.-P. Bibring, *Seuls dans l'Univers. De la diversité des mondes à l'unicité de la vie*, éd. Odile Jacob, 2022.
- N. Cabrol, *À l'aube de nouveaux horizons*, éd. Seuil, 2023.
- P. Bizony, *Objectif Mars. L'histoire illustrée de la conquête martienne*, éd. Delachaux et Niestlé, 2022.
- A. Cassan, *Hawking à la plage. L'Univers dans un transit*, éd. Dunod, 2022.
- N. Dupont-Bloch, *Astronomie en pratique. 5 étapes pour observer, photographier et comprendre*, éd. De Boeck supérieur, 2022.
- J. Mitton, A. Beall, P. Eales, A. Vamplew, *L'astronomie en 101 infographies*, éd. Larousse, 2022.
- P. Lécureuil, *Débuter en astronomie. Petit guide d'initiation à l'observation du ciel*, éd. De Boeck supérieur, 2022.
- C. Souplet, B. d'Armagnac, *Le ciel au télescope. 110 observations essentielles à faire avec votre instrument*, éd. Stelvision, 2021.

B. Pluchet, *Le petit guide du ciel nocturne. Observer les étoiles et les planètes à l'œil nu*, éd. First, 2019.

F. Kebe, *La Lune est un roman. Histoire, mythes et légendes*, éd. Pocket, 2020.

A. Barrau, *Big Bang et au-delà*, éd. Dunod, 2023.



Sélection à laquelle on peut ajouter :

F. Rocard, *Dernières nouvelles de Mars*, éd. Flammarion, 2020.

S. Vaclair, *Dialogues avec l'univers*, éd. Odile Jacob, 2015.

P. de La Cotardière, J.-P. Penot, *Dictionnaire de l'espace*, éd. Larousse, coll. Références, 1995.

S. Brunier, *Impasse de l'espace. À quoi servent les astronautes ?*, éd. Seuil, coll. Science ouverte, 2006.

X. Pasco, *Le nouvel âge spatial. De la Guerre froide au New Space*, CNRS Éditions, 2017.

S. Mazevet, *Les exoplanètes et la vie dans l'Univers. À la recherche de nos origines*, éd. Odile Jacob, 2021.

R. Lehoucq, F. Porcelet, *L'humain dans l'espace. Entre réel et fiction*, éd. de La Martinière, 2021.

M-A. Custaud, S. Blanc, G. Gauquelin-Koch, C. Gharib, *L'humain et l'espace. Ses adaptations physiologiques*, éd. BoD, 2020.

Objectif Lune, National Geographic Hors-série n°64, octobre-novembre 2023.

X Sitographie

X.1 Sur le blob

Gratuit, sans abonnement et sans publicité, [le blob, l'extra-média](#) est un média de service public rattaché à Universcience, l'établissement public qui réunit la Cité des sciences et de l'industrie et le Palais de la découverte. Il propose une nouvelle vidéo à la une chaque jour, avec un fil d'actualité scientifique quotidien et des enquêtes mensuelles sur les grands enjeux contemporains, mêlant donc sujets de fond et actualité « chaude ».

À l'occasion de l'ouverture de l'exposition permanente *Mission spatiale* à la Cité des sciences et de l'industrie, le blob vous invite, à travers 15 contenus, à un retour sur les temps forts récents de la conquête spatiale ici : <https://leblob.fr/mission-spatiale>.

La thématique « Astro & Espace » (<https://leblob.fr/astro-espace>) vous offre également des reportages, des enquêtes et des sujets d'actualité sur l'aéronautique, les télescopes spatiaux, l'Homme dans l'espace... entre autres ! Le Blob propose aussi des séries vidéos en rapport avec l'exposition. À partir du lien <https://leblob.fr/series>, faites une recherche dans l'onglet « Thématiques » et sélectionnez « Astro & Espace ». Vous aurez alors l'opportunité de regarder les quatre épisodes des « Défis martiens », les vingt-cinq épisodes des « Femmes de l'espace » ou encore les huit épisodes du « Fil d'Ariane ».

X.2 Ailleurs

1. La Cité de l'espace à Toulouse, orientée vers l'espace et la conquête spatiale, est une destination incontournable. Son site internet propose de nombreuses ressources en ligne ici : <https://www.cite-espace.com/nos-ressources/>
Vous trouverez des articles sur l'actualité spatiale, des vidéos sur le thème de l'astronomie, de l'exploration spatiale et du métier d'astronaute ainsi que des séries dédiées à l'aéronautique.
2. Le projet Luxorion (<http://www.astrosurf.com/luxorion/>) a pour but « d'initier à l'astronomie et plus généralement aux sciences et aux technologies qui participent aux progrès de notre époque ». Vous y trouverez une vingtaine de dossiers dédiés à l'aéronautique, de Spoutnik aux colonies spatiales, ici : <http://www.astrosurf.com/luxorion/menu-astronautique.htm>
Des combinaisons spatiales à la colonisation de la Lune, du mal de l'espace au tourisme spatial, de nombreux thèmes sont traités en profondeur.
3. Enfin, le site Nirgal.net (Nergal étant un dieu des Enfers du panthéon mésopotamien auquel on associait la planète Mars), créé par un amateur de la planète Rouge, regorge d'informations. Le thème « L'homme sur Mars » vous propose des dossiers sur :
 - Les missions habitées (<https://www.nirgal.net/homme.html>) ;
 - Les contraintes d'un voyage sur Mars (<https://www.nirgal.net/homme2.html>) ;
 - *Reference mission* (https://www.nirgal.net/reference_mission.html).

Les données sont parfois datées mais la lecture en reste passionnante.

XI Liens avec les programmes scolaires

La [rubrique \(https://eduscol.education.fr/3019/l-astronomie-en-classe\)](https://eduscol.education.fr/3019/l-astronomie-en-classe) fournie que l'on peut trouver sur le thème de l'astronomie sur le site web d'Éduscol (<https://eduscol.education.fr/>) se propose d'accompagner les enseignants par des éclairages thématiques et des ressources spécifiques.

Que ce soit pour l'enseignement de physique-chimie au cycle 4 ou en seconde, l'enseignement de spécialité en première et terminale ou l'enseignement scientifique, les ressources d'accompagnement proposent des activités sur le thème de l'astronomie. Ainsi, on pourra s'y aventurer avec, en cycle 4, une étude portant sur la sonde européenne *Rosetta*. Lien direct vers le document au format PDF :

<https://eduscol.education.fr/document/17767/download>.

Éduscol propose ensuite de s'inspirer de la recherche spatiale pour mener des expériences ou des projets de classes ici :

<https://eduscol.education.fr/2437/s-inspirer-de-la-recherche-spatiale-pour-mener-des-experiences-ou-des-projets-en-classe>

L'exposition *Mission spatiale* peut également servir les travaux transdisciplinaires avec, en particulier, des liens avec :

- le développement durable ;
- la robotique ;
- le numérique et l'informatique ;
- la santé ;
- la technologie ;
- l'histoire ;
- la géographie ;
- les sciences économiques et sociales ;
- l'esprit critique.

XII Feuille de route de l'exploration spatiale

Rédigé en anglais, le rapport annuel 2022 de l'ISECG (International Space Exploration Coordination Group) est accessible en anglais ici :

<https://www.globalspaceexploration.org/wp-content/uploads/2023/05/ISECG-Annual-Report-2022.pdf>

La feuille de route de l'exploration spatiale (mise en jour en octobre 2022), toujours en anglais, est accessible ici :

https://www.globalspaceexploration.org/wp-content/isecg/GER_Supplement_Update_2022.pdf

Voici les 27 agences spatiales impliquées :

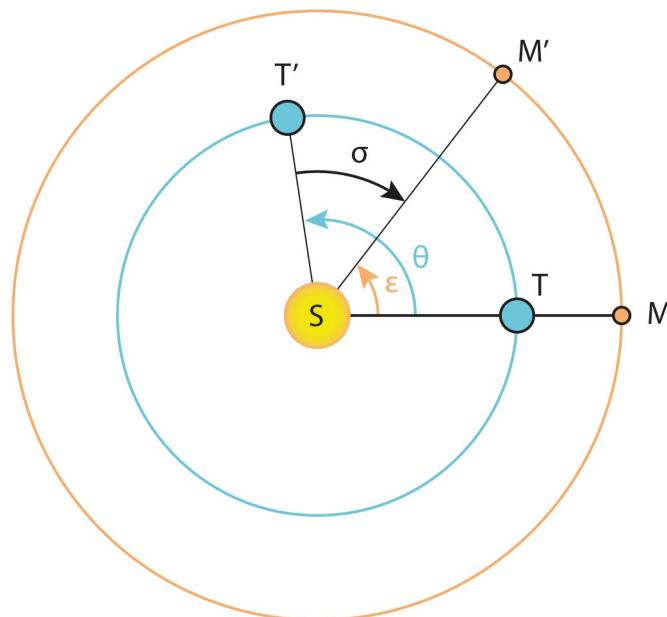
- L'Agence spatiale brésilienne (Agência Espacial Brasileira – AEB)
- L'Agence spatiale mexicaine (Agencia Espacial Mexicana – AEM)
- L'Agence spatiale australienne (Australian Space Agency)
- L'Agence spatiale italienne (Agenzia Spaziale Italiana – ASI)
- Le Centre national d'études spatial (CNES, France)
- L'Administration spatiale nationale chinoise (CNSA)
- L'Agence spatiale canadienne (Canadian Space Agency – CSA ASC)
- L'Organisation fédérale pour la recherche scientifique et industrielle en français (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation – CSIRO)
- Le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR)
- L'Agence spatiale européenne (European Space Agency – ESA)
- L'Agence spatiale thaïlandaise (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency – GISTDA)
- L'Organisation indienne de recherche spatiale (Indian Space Research Organisation – ISRO)
- L'Agence spatiale d'exploration japonaise (Japan Aerospace eXploration Agency – JAXA)
- L'Institut coréen de recherche aérospatiale (Korea Aerospace Research Institute – KARI)
- L'Agence spatiale luxembourgeoise (Luxembourg Space Agency – LSA)
- L'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace ≈ Agence spatiale américaine (National Aeronautics and Space Administration – NASA)
- L'Agence spatiale norvégienne (Norsk Romcenter)
- L'Agence spatiale néo-zélandaise (New Zealand Space Agency)
- L'Agence spatiale polonaise (Polska Agencja Kosmiczna – PAK)
- L'Agence spatiale portugaise (Agência Espacial Portuguesa)
- L'Agence spatiale roumaine (Agenția Spațială Română – ROSA)
- L'Entreprise d'État pour les activités spatiales « Roscosmos » ≈ Agence spatiale russe (Roscosmos)
- L'Agence spatiale nationale d'Ukraine (SSAU)
- Le Bureau spatial suisse (Swiss Space Office – SSO)
- L'Agence spatiale émirienne (United Arab Emirates Space Agency – UAESA)
- L'Agence spatiale du Royaume-Uni (United Kingdom Space Agency – UKSA)
- Le Centre spatial national du Vietnam (Vietnam National Space Center – VNSC)



XIII Zoom sur les fenêtres de lancement

S'il y a un résultat à retenir du document « Les orbites de transfert de Hohmann », c'est que pour lancer une sonde vers Mars, il convient de respecter scrupuleusement certaines conditions. En particulier, il convient d'effectuer le tir alors que la Terre et Mars se trouvent dans une configuration bien précise. Une telle configuration est-elle fréquente ? Au bout de combien de temps se renouvelle-t-elle ?

En fait, cette durée porte un nom : la période synodique. Il s'agit de l'intervalle de temps moyen entre deux passages successifs d'une planète dans une situation déterminée par rapport, à la fois, au Soleil et à la Terre. Elle se calcule assez simplement à partir des périodes de révolution de la Terre et de la planète considérée autour du Soleil. Voyons comment.



Les trajectoires des planètes autour du Soleil sont supposées être circulaires et décrites à des vitesses uniformes. On part d'une configuration où le Soleil, la Terre et Mars sont alignés, dans cet ordre (S, T et M sont alignés, voir schéma ci-dessus). Pour un observateur terrestre, Mars est alors à l'opposition : située dans la direction opposée au Soleil, au plus proche de nous, elle est visible toute la nuit et son éclat est au plus haut.

Quelques semaines plus tard, les deux planètes ont bien avancé sur leur orbite respective. La Terre est en T' et Mars en M' . Au bout de t jours, la Terre a décrit un arc de cercle d'angle θ :

$$\theta = 360 \frac{t}{T_T}$$

où T_T est la période de révolution de la Terre autour du Soleil (365,26 j).

Durant le même temps, Mars a décrit un arc de cercle d'angle ε :

$$\varepsilon = 360 \frac{t}{T_M}$$

où T_M est la période de révolution de Mars autour du Soleil (686,98 j).

Plus proche du Soleil, la Terre se déplace non seulement plus vite que Mars mais elle a également moins de chemin à parcourir : elle prend ainsi de l'avance sur sa voisine à la couleur caramel et l'angle σ (qui est la différence entre θ et ε) s'accroît proportionnellement au temps.

Au bout d'un temps P , l'angle σ atteindra 360° et l'on obtiendra alors un nouvel alignement parfait Soleil-Terre-Mars... autrement dit une nouvelle opposition de Mars. Bien sûr, les deux planètes ne se trouveront plus au même point de leur orbite respective mais peu importe car, ce qui compte, c'est la configuration générale du problème. P est donc la période synodique de Mars.

En cet instant, on a alors :

$$\sigma = 360^\circ = \theta - \varepsilon = 360 \frac{P}{T_T} - 360 \frac{P}{T_M}$$

Après simplification, il vient :

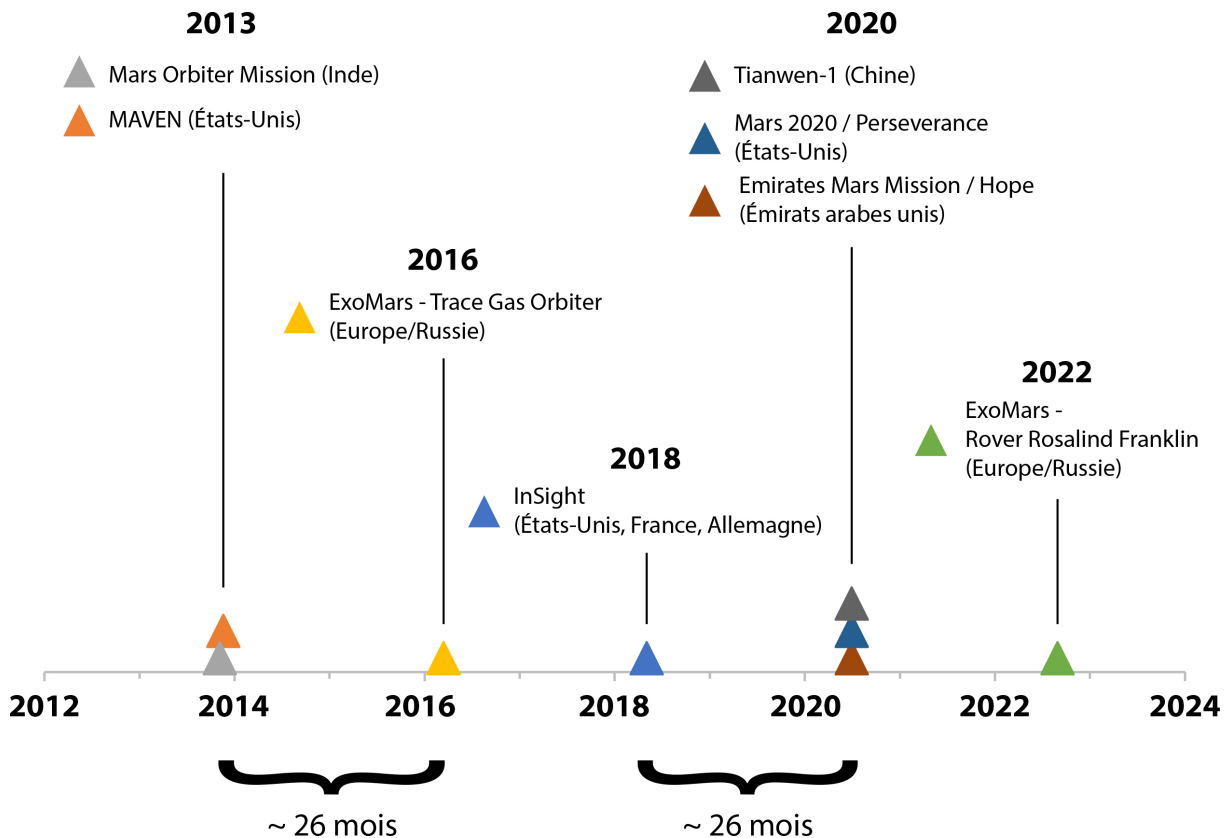
$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T_T} - \frac{1}{T_M}$$

Soit $P \approx 779,95$ j (un peu moins de 26 mois).

Ainsi, tous les 26 mois environ, la configuration Soleil – Terre – Mars est idéale pour un lancement de sonde spatiale vers la planète Rouge.

Nous avons travaillé dans le cadre d'une orbite de transfert de Hohmann consommant le moins d'énergie possible. Gardons toutefois à l'esprit que, grâce aux moteurs que l'on peut trouver sur la sonde et/ou sur son module de service, le lancement n'a pas à être réalisé à la seconde près, mais durant une période de quelques semaines tous les 26 mois. On parle alors de *fenêtre de lancement*.

Le graphique suivant présente les différentes sondes spatiales qui ont été lancées vers Mars depuis 2012. La période proche de 26 mois, séparant les différents tirs, est évidente.



Informations pratiques

Adresse

Cité des sciences et de l'industrie
30 avenue Corentin-Cariou
75019 Paris
www.cite-sciences.fr

Accès

Métro : Porte de la Villette (Ligne 7)
Bus : 71, 139, 150, 152, 249
Tramway : Porte de la Villette (Ligne 3b)

Horaires d'ouverture

Du mardi au samedi de 10 h à 18 h, le dimanche de 10 h à 19 h.
Fermeture le lundi ainsi que les jours fériés suivants : 1^{er} janvier, 1^{er} mai et 25 décembre.

Élémentaire : 1 gratuité pour 12 entrées payantes

Secondaire : 1 gratuité pour 12 entrées payantes

Tarifs groupe, prix par participant (en vigueur au 1^{er} septembre 2023)
5,50 € (3,50 € pour les établissements en Réseau d'éducation prioritaire)

Tout billet acheté donne droit à une entrée au sous-marin *Argonaute* (dans la limite des places disponibles) + un accès aux ateliers et au Planétarium sur réservation.

Réservation groupes

<https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-sortie-scolaire/infos-pratiques-et-reservation>



resagroupescite@universcience.fr



01 40 05 12 12



Cité des sciences et de l'industrie
Service groupes
30 avenue Corentin-Cariou
75930 Paris Cedex 19