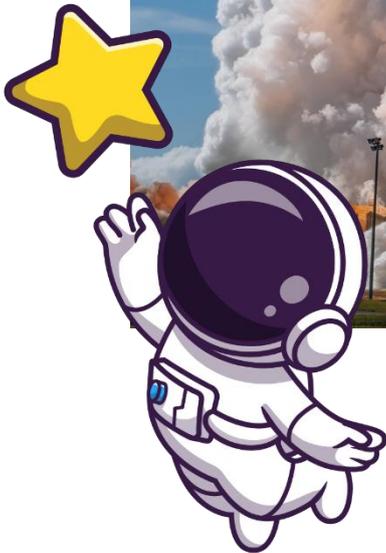
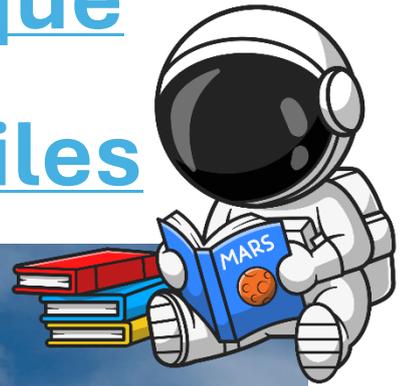


# Dossier pédagogique

## De la Terre aux étoiles



Exposition temporaire

Du 7 juin 2024 au 1<sup>er</sup> juin 2025



## Table des matières

<b>1. Un dossier pédagogique complet</b>	<b>4</b>
1.1. Avant la visite : pistes de réflexion	4
1.2. Pendant la visite :	5
Les sujets abordés dans l'exposition	5
Animations et ateliers : un combo parfait	7
1.3. Après la visite : questions citoyennes et philosophiques	9
1.4. Liens et références bibliographiques	10
<b>2. Aller dans l'espace</b>	<b>14</b>
2.1. Comment aller dans l'espace ?	14
2.2. Pourquoi aller dans l'espace ?	15
La conquête spatiale	15
Coût de la conquête spatiale	18
2.3. Le New Space	18
Caractéristiques principales du New Space	18
Impact du New Space	19
2.4. La pollution de l'espace	20
Caractéristiques	20
Enjeux	21
2.5. Améliorations dans notre quotidien	22
<b>3. Habiter l'espace</b>	<b>24</b>
3.1. La Station Spatiale Internationale	24
3.2. Le quotidien des astronautes	25
Journée-type dans l'ISS	26
La santé des astronautes	27
Les astrofoods	30
3.3. Les études scientifiques	32
<b>4. Observer la Terre</b>	<b>33</b>
4.1. Les satellites artificiels et ballons-sondes	33
4.2. La satellisation : mise en orbite	35
4.3. La Charte internationale "Espace et catastrophes majeures"	36
<b>5. Explorer le système solaire</b>	<b>38</b>
5.1. Les planètes du système solaire	38
5.2. L'incidence du Soleil sur la Terre	42
5.3. Les 5 étapes de l'observation spatiale	43
L'exploration de la Lune	44

L'exploration de Mars .....	45
<b>6. Découvrir l'Univers .....</b>	<b>47</b>
6.1. Les distances et unités de mesure.....	47
6.2. Le vide et la matière (composition de l'Univers).....	49
6.3. L'organisation de l'Univers .....	50
Les objets stellaires .....	51
Ondes électromagnétiques .....	53
Ondes gravitationnelles .....	53
6.4. L'histoire de l'Univers .....	54
Carl Sagan et le calendrier cosmique.....	54
Le cycle de vie d'une étoile .....	56
Les trous noirs.....	59
6.5. Hubble et James Webb .....	60
<b>7. Focus sur la Belgique dans le domaine spatial .....</b>	<b>62</b>
7.1. Les 3 astronautes belges .....	62
7.2. Les STE(A)M : la clé pour travailler dans le spatial .....	64
7.3. Les entreprises et centres de recherche .....	64
7.4. Trappist-1 et Speculoos .....	65
<b>8. Laboratoire d'expériences.....</b>	<b>67</b>
8.1. Le vide et l'atmosphère.....	67
L'eau bouillante qui reste froide .....	67
Le ballon qui gonfle tout seul.....	67
La sonnerie silencieuse .....	67
Deux demi-sphères inséparables .....	68
L'eau qui ne tombe pas .....	68
8.2. Le système solaire.....	68
Un système solaire de poche.....	68
Se peser sur la Lune et sur Mars .....	68
8.3. Le voyage dans l'espace .....	68
Se propulser comme une fusée .....	68
<b>9. Informations pratiques .....</b>	<b>69</b>

# 1. Un dossier pédagogique complet

Chers lecteurs,

Ce dossier pédagogique est adressé avant tout à toute personne travaillant dans le secteur éducatif, scolaire, ou encore l'animation.

Ce dossier, certes volumineux, a été pensé pour aider chacun(e)s d'entre vous à non seulement savoir de quoi parlera notre exposition temporaire 'De la Terre aux étoiles', mais également à permettre de maîtriser ce sujet si vaste, technique et quelque peu complexe.

Cette exposition n'est pas dédiée uniquement au cours de sciences ou de physique. Elle est totalement adaptée tant pour les enfants du primaire, que pour les étudiants de rhéto ou du supérieur.

## 1.1. Avant la visite : pistes de réflexion

Afin d'éveiller la curiosité et pouvoir entrer dans le vif du sujet avec vos classes, voici quelques pistes, non exhaustives, qui seront directement en lien avec la visite de l'exposition.

- Et si on réfléchissait à tous les apports du monde spatial dans notre quotidien ? Même si l'espace nous paraît bien lointain et inaccessible, nous pouvons nous rendre compte qu'il nous aide tous les jours, et que nous sommes en perpétuelle relation avec l'Univers, sans même y penser.
- Les cours de math, de sciences, de physique ou encore de technologie n'ont aucun sens pour toi ? Et si on essayait d'en trouver ? À quoi peuvent bien servir les STE(A)M ? Et si finalement, l'astronomie, c'était cool ? La passion se communique en discutant avec des passionnés.
- L'agenda spatial de 2024 et 2025 est bien chargé. De quoi entamer le débat et en savoir plus sur le sujet, en reliant l'exposition avec l'actualité.
- Coloniser l'espace : science ou fiction ? Qui n'a jamais rêvé d'aller habiter sur la Lune, sur Mars ou une autre planète ? Certains projets actuels tendent à rendre ces rêves un peu plus accessibles et réalisables...

## 1.2. Pendant la visite :

### Les sujets abordés dans l'exposition

Tout au long de l'exposition, différents thèmes seront abordés. Voici ci-dessous un bref aperçu de chacun d'entre eux.

Plus loin dans le dossier, grâce à la table des matières interactive, vous retrouverez de nombreuses notions théoriques ainsi que des informations pertinentes touchant aux multiples concepts liés à ces thèmes.

Certains de ces concepts sont évoqués brièvement dans l'exposition, d'autres peuvent être approfondis lors d'un atelier ou animation en supplément de la visite.

Dans ce sens, nous vous invitons à contacter le service éducatif afin de planifier une visite qui répondra entièrement à vos besoins et vos demandes.

→ **Service éducatif** : [educatif@abbayedestavelot.be](mailto:educatif@abbayedestavelot.be) – [080 88 08 78](tel:080880878)

 Pacte pour un  
**Enseignement**  
d'excellence



**Sachez d'ores et déjà que l'entièreté des ateliers et visites proposés à l'abbaye rentrent totalement dans le PECA et rencontrent parfaitement les 3 objectifs du cours d'ECA (Éducation à la Culture et aux Arts) à savoir ; CONNAÎTRE, RENCONTRER, PRATIQUER.**

L'abbaye étant en étroite collaboration avec le service de coordination des référents scolaires de l'arrondissement de Verviers, n'hésitez pas à faire appel à celui-ci.

**Jennifer Schwanen**

[jsc@ccverviers.be](mailto:jsc@ccverviers.be) - [087/393.035](tel:087393035)

### **1) Aller dans l'espace.**

Petits et grands pourront être émerveillés et retrouver les sensations d'un lancement de fusée grâce aux différentes maquettes de lanceurs et vidéos présentes dans l'exposition.

### **2) Habiter l'espace.**

Vivez le quotidien des astronautes et découvrez les missions de vols habités à travers de véritables objets spatiaux cultes : scaphandres intra-véhiculaires russes et américains, fauteuil de capsule spatiale, nourriture spatiale et bien d'autres encore.

Découvrez la Station Spatiale Internationale (ISS) en réalisant diverses petites mises en situation à travers les astrofoods (cette nourriture spécialement dédiée aux missions dans l'espace), l'expérimentation du travail de l'astronaute en sortie extravéhiculaire pour entretenir l'ISS, ou encore réfléchir aux conséquences sur la santé de la vie dans l'ISS.

Quelques expériences scientifiques réalisées à bord de l'ISS sont également mises en avant et ne manqueront pas d'éveiller la curiosité des petits scientifiques en herbe.

### **3) Observer la Terre.**

Qu'y a-t-il au fond des mers ? Quel temps fera-t-il demain ? Quelle route dois-je prendre ? Découvrez les extraordinaires performances des satellites, fins observateurs de la Terre.

Comment fonctionnent-ils ? Comment les mettre en orbite ? Que peuvent-ils nous apporter au quotidien, mais également aider la population terrienne lors de catastrophes naturelles ? Voici l'un des enjeux les plus importants de ces fameux satellites.

Découvrez l'effet gyroscopique grâce à la manipulation de la table à gyroscope. Grâce à ces gyroscopes, les satellites gardent toujours la bonne orientation !

### **4) Explorer le système solaire.**

Découvrez dans ce thème le Système solaire grâce aux robots explorateurs et sondes sentinelles. Étoiles, planètes, lunes, comètes, astéroïdes... Ces grands voyageurs que sont les rovers vous montrent des mondes étonnants, voisins de la Terre, qui nous en apprennent davantage sur notre planète.

Maquettes de rovers et vidéos de missions permettront de visualiser et comprendre comment nous explorons notre Système solaire, et plus particulièrement les missions sur la Lune et sur Mars.

Essayez d'imaginer les distances folles qui nous séparent du Soleil et des autres planètes en observant la maquette du Système solaire. Apprenez-en davantage sur les

particularités de chaque planète. Réalisez l'impact des mouvements de la Terre autour du Soleil grâce à des manipulations simples.

### **5) Découvrir l'Univers**

Partez à la découverte du cosmos avec Hubble ! Découvrez des photos époustouflantes de galaxies lointaines, de nébuleuses et percez le mystère de la création de l'Univers ; le Big Bang. Notre galaxie, la Voie Lactée, est à portée de main !

Comparez les images de Hubble avec celles, plus récentes et complémentaires, du télescope James Webb.

Remplacez les différents éléments qui composent l'Univers du plus grand au plus petit, du plus proche au plus lointain.

Revivez l'histoire de l'Univers retracée sur un calendrier annuel afin de réaliser que nous, humains, venons d'apparaître et sommes tellement petits face à l'immensité. Une mise en perspective déroutante pouvant mener à de profonds questionnements philosophiques.

Approchez les trous noirs et percez leurs secrets ; que sont-ils ? Comment les observer ? Quel est leur rôle dans l'expansion de l'Univers ? Qu'est-ce que la spaghettification, phénomène à la fois amusant et terrifiant ?

### **6) Vivre l'espace grâce aux labos d'expériences.**

Lors de visites guidées, grâce à un animateur, livrez-vous à des expériences inédites : découvrez les caractéristiques étonnantes du vide ! Explorez le son et la lumière ! Simulez une rentrée atmosphérique. Ainsi, la science devient un jeu d'enfant ! (Dès 7 ans).

Jouez au jeu « Scoop ou soucoupe ? » afin d'analyser des images de phénomènes aérospatiaux insolites...

### **7) Focus sur la Belgique spatiale.**

Sensibiliser les jeunes au rôle non négligeable de la Belgique dans le domaine spatial, en voilà un thème intéressant à développer avec les enfants afin de faire naître des vocations...

## **Animations et ateliers : un package parfait**

Vous désirez une expérience complète pour vos classes ? Une journée à thème ? Une sortie qui « en vaut la peine » ? Alors, optez pour une animation ou un atelier en plus de la visite, guidée ou non, de l'exposition, adaptable selon vos classes, du primaire au secondaire.

**Exemple d'organisation :** Matin accueil et visite de l'exposition, midi pique-nique et temps libre avec accès aux musées permanents, après-midi atelier ou animation sur le thème choisi.

- Atelier « Création d'une fusée » avec explications sur le fonctionnement de celle-ci.
- Animation de sensibilisation « Les avancées spatiales qui m'aident dans mon quotidien »
- Animation « Le quotidien d'un astronaute dans l'ISS ».
- Atelier « Les relations entre le Soleil et la Lune ».
- Atelier « Création d'une maquette 3D de la Grande Ourse » avec explication du passage du plan 2D au 3D.
- Atelier « Observer les planètes à l'œil nu dans le ciel » avec fabrication de sa propre carte du ciel et clés de lecture.
- Animation « Naufragés sur la Lune : exercice de survie en milieu hostile ».
- Animation/débat « Aller dans l'espace, quelle utilité ? »
- Animation « Les astrofoods : défis de la nourriture dans l'espace ».
- Animation de sensibilisation « Le rôle du spatial dans la prévention et la gestion des catastrophes naturelles ».
- Animation avec un 'Space teacher' : « À la conquête de Mars » ou « partons à la chasse aux comètes et astéroïdes » ou « L'astronautique moderne ». (3 dates à préciser ultérieurement).
- Conférence d'Arnaud Stiepen « Le télescope Einstein : du Big Bang aux trous noirs ». (Uniquement le jeudi 20 mars 2025).

### 1.3. Après la visite : questions citoyennes et philosophiques

- **Time laps sur le futur de l'Univers : Et si la fin était le commencement ?**

Comment tout va se finir ? Cette expérience nous embarque dans un voyage vers la fin des temps, des milliards d'années dans le futur, pour découvrir quel sera le destin de notre planète et de l'Univers. Nous commençons en 2019 et voyageons de manière exponentielle dans le temps, en étant témoins de l'avenir de la Terre, de la mort du soleil, de la fin de toutes les étoiles, de la désintégration du proton, des galaxies zombies, des civilisations futures possibles, de l'explosion de trous noirs, des effets de l'énergie noire, des Univers alternatifs, du destin final du cosmos - pour n'en nommer que quelques-uns. C'est une image du futur peinte par la science moderne - une image qui évoluera sûrement avec le temps, à mesure que nous rechercherons des indices sur la manière dont notre histoire se déroulera. Une grande partie de la science est très récente - et de nouvelles pièces de puzzle attendent toujours d'être trouvées. Ainsi, cette vue aérienne du temps donne une perspective profonde - que nous vivons à l'intérieur de la bouffée de chaleur du Big Bang, le moment idéal pour se plonger dans les images et les sons d'un Univers à son heure de gloire, avant qu'il ne s'efface. Même si la fin finira par arriver, nous avons une infinité de temps pratique pour jouer si nous jouons nos cartes correctement. L'avenir est peut-être sombre, mais nous avons un potentiel énorme en tant qu'espèce.

**Lien de la vidéo :** <https://www.youtube.com/watch?v=uD4izuDMUQA>

- **Aurélien Barreau : Coup de gueule de cet astrophysicien sur la conquête spatiale.**

Le coup de sang de l'astrophysicien et philosophe Aurélien Barreau sur la conquête spatiale, symbole de la « techno-mobilité mortifère » selon lui. Et vous, qu'en pensez-vous ? Ses arguments tiennent-ils la route ? Êtes-vous d'accord avec ses propos ? Pourquoi ? Quelle(s) nuance(s) apporteriez-vous ? Que lui répondriez-vous ?

**Lien de la vidéo :** [Loopsider | Le coup de gueule de cet astrophysicien sur la conquête spatiale](#)

## 1.4. Liens et références bibliographiques

N'hésitez pas à contacter le service éducatif si vous êtes à la recherche d'articles, documents, vidéos à propos d'un sujet précis. Nous pourrions sans doute vous aider.

### **Sites incontournables :**

#### **Cité de l'Espace de Toulouse : Actualités spatiales**

<https://www.cite-espace.com/actualites-spatiales/>

#### **Cité de l'Espace de Toulouse : Ressources diverses**

<https://www.cite-espace.com/nos-ressources/>

#### **ESA ESEC**

[https://www.esa.int/About\\_Us/Corporate\\_news/ESA\\_ESEC](https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ESA_ESEC)

#### **BELSPO**

<https://eo.belspo.be/fr>

#### **Projets éducatifs de l'ESA**

<https://www.esa.int/Education>

#### **Vidéos, jeux et notions spatiales pour les enfants ESA**

<https://www.esa.int/kids/en/home>

#### **NASA site éducatif**

<https://www.nasa.gov/learning-resources/>

#### **Sites éducatifs sciences et astronomie**

<https://parlonssciences.ca/>

<https://www.asc-csa.gc.ca/fra/jeunes-educateurs/>

<https://podcasts.futura-sciences.com/futura-futura-dans-les-etoiles>

<https://uclouvain.be/fr/decouvrir/scinfuse/ressources-et-outils-pedagogiques.html>

[mookmars.org](http://mookmars.org)

#### **Worldskills Belgium**

<https://www.worldskillsbelgium.be/>

**Livres :**

Fabrice Nicot, *Pourquoi la conquête spatiale ?*, coll. POCQQ, éd. Du ricochet, France, 2021.

Claudine et Jean-Michel Masson, *Copain du ciel*, éd. Milan, France, 2019.

Norédine Benazdia et Léonie Koelsch, *Dans la peau d'une astronaute*, éd. Casterman, Belgique, 2023.

*Mars le mook de l'exploration*, semestriel, n° 1 et 2, éd. Weyrich, 2020-2021.

Charlie McDonnell, *Fun science : la vie, l'Univers, les poussières d'étoiles (nous !) et autres histoires passionnantes*, éd. Bayard, 2018.

**Vidéos :**

**Charte Internationale Catastrophes Majeures (CNES)**

[https://videotheque.cnes.fr/index.php?urlaction=doc&id\\_doc=34166&rang=1&id\\_panier=](https://videotheque.cnes.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=34166&rang=1&id_panier=)

**Le New Space (CNES)**

<https://www.youtube.com/watch?v=jRefxIWAUpw>

**Vidéo Jamy Epicurieux la pollution de l'espace**

[https://www.youtube.com/watch?v=cy\\_4Ow88pdY](https://www.youtube.com/watch?v=cy_4Ow88pdY)

**Vidéo loopsider Syndrome de Kessler et enjeux**

<https://www.loopsider.com/fr/video/le-syndrome-de-kessler-une-reaction-en-chaine-des-consequences-critiques>

**Pourquoi nous explorons l'espace ? Site éducatif canadien**

<https://storymaps.arcgis.com/stories/588e510e625a4456ac84a65c69673ea6>

**Les avancées médicales grâce au spatial site éducatif canadien**

<https://www.asc-csa.gc.ca/fra/a-propos/retombees-de-l-exploration-spatiale-au-quotidien/ameliorer-les-soins-de-sante.asp>

**Les apports du spatial dans notre quotidien site éducatif canadien**

<https://www.asc-csa.gc.ca/fra/a-propos/retombees-de-l-exploration-spatiale-au-quotidien/ameliorer-notre-quotidien.asp>

**Vidéo visite guidée de l'ISS avec Thomas Pesquet**

<https://www.youtube.com/watch?v=9r8GCYvLtQ0&t=1187s>

**Vidéo de Thomas Pesquet présentant les aménagements et exercices réalisés afin de minimiser les effets de l'apesanteur**

<https://www.youtube.com/watch?v=FFMozMtSL3E&t=157s>

**Vidéo de Thomas Pesquet présentant ses menus**

<https://www.facebook.com/watch/?v=296182518733997>

**Etudes scientifiques à bord de l'ISS**

<https://iss.cnes.fr/fr>

**Etude sur le blob (projets scolaires en France)**

**Mission scolaire comme dans l'ISS « élève ton blob » : marche à suivre**

<https://missionalpha.cnes.fr/fr/elevetonblob-resultats-iss>

**Fonctionnement d'un satellite**

<https://metiers-du-spatial.com/missions/observer-la-terre/>

**L'histoire de l'Univers (site internet du CERN)**

<https://home.cern/fr/science/early-Universe#:~:text=L'Univers%20est%20compos%C3%A9%20en,que%20par%20ses%20effets%20gravitationnels.>

**Vidéo ScienceClic énergie noire et matière noire**

<https://www.youtube.com/watch?v=VE0dyCLTLcQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=0X4e2OSzHTA>

**Vidéo de ScienceEtonnante : les lois de la gravité et ce qui en découle**

[https://www.youtube.com/watch?v=M5X\\_ljxm2bw](https://www.youtube.com/watch?v=M5X_ljxm2bw)

**C'est pas sorcier : les exoplanètes**

<https://www.youtube.com/watch?v=WWGm-qt05lw>

**La chasse aux exoplanètes (CNRS)**

<https://lejournald.cnrs.fr/videos/a-la-chasse-aux-exoplanetes>

**Vidéo de ScienceEtonnante : Les distances de l'Univers et unités de mesures**

<https://www.youtube.com/watch?v=FGwmAEMabm4>

**Vidéo d'explication des images de James Webb par un**

**astronome** <https://www.youtube.com/watch?v=kAklgjL3C04&t=19s>

**Chaînes de youtubeurs passionnés et passionnants pour sortir des sentiers battus, mais rester dans la justesse :**

- Balade Mentale
- Hugo Lisoir
- AstronoGeek
- Superama
- Dr Nozman
- String theory
- E-penser
- Science Etonnante
- Science Clic
- Scalibus
- Le Journal de l'Espace
- Jamy Epicurieux
- Paxi (toutes les vidéos sont disponibles sur le site ESA kids)

## 2. Aller dans l'espace

Atteindre la vitesse de 28 000 km/h pour s'extraire de l'attraction de la Terre et aller dans l'espace nécessite une énergie considérable. Différentes fusées, ou lanceurs, permettent d'envoyer des astronautes, des satellites, des sondes ou du ravitaillement dans l'espace.

### 2.1. Comment aller dans l'espace ?

#### **Comment fonctionne une fusée ? Un peu comme un ballon !**

Prends un ballon de baudruche, gonfle-le et lâche-le : il s'envole et se déplace. L'air sort d'un côté et pousse le ballon, qui se déplace en sens inverse. Les poulpes et les calmars se déplacent de la même façon, en éjectant de l'eau à l'arrière, grâce à un muscle. Les moteurs des fusées produisent beaucoup de gaz très chaud, envoyé à grande vitesse vers l'arrière. La fusée avance alors vers l'avant. Elle décolle et s'élève dans le ciel.

Pour que la fusée aille plus vite, elle a plusieurs étages. Chacun possède un moteur et une grande quantité de carburant. Quand un étage est vide, il se détache de la fusée, qui devient plus légère. Sa vitesse augmente. On place, au sommet de la fusée, ce qu'on veut emporter dans l'espace : des satellites, des sondes, du matériel ou des astronautes !

#### **Quelle est la technologie utilisée ?**

Le moteur-fusée est un type de moteurs à réaction, c'est-à-dire un engin qui projette un fluide (gaz ou liquide) vers l'arrière, ce qui transmet par réaction une poussée au véhicule solidaire du moteur, de force égale et de direction opposée, vers l'avant. Le moteur-fusée présente la particularité d'expulser une matière qui est entièrement stockée dans le corps du véhicule. Ce type de moteur est en particulier utilisé par les fusées car, étant autosuffisant, il peut fonctionner dans un milieu dépourvu d'atmosphère, mais également par les missiles car il permet d'atteindre des vitesses très importantes.

Généralement, un moteur fusée fonctionne en expulsant des gaz qui sont produits par une réaction chimique exothermique dans une chambre de combustion et qui sont accélérés par une tuyère de Laval. Les capacités d'un moteur-fusée sont principalement caractérisées par sa poussée, c'est-à-dire la force qu'il peut exercer, et son impulsion spécifique qui est la mesure de son rendement. Il existe de nombreuses catégories de moteurs-fusées : les principales sont les moteurs-fusées à ergols solides et les moteurs-fusées à ergols liquides.

## 2.2. Pourquoi aller dans l'espace ?

### La conquête spatiale

L'espace est peut-être la dernière frontière, mais elle est très coûteuse à aller explorer. Les problèmes à résoudre sur Terre sont nombreux, ce qui amène certaines personnes à se demander si l'exploration spatiale en vaut la peine. Parmi une multitude de raisons pour lesquelles l'exploration spatiale est importante, nous pouvons citer par exemple ;

#### **1. Avancées scientifiques et technologiques :**

L'exploration spatiale stimule l'innovation et le développement de nouvelles technologies, qui trouvent souvent des applications dans d'autres domaines, comme la médecine, les communications et l'informatique.

→ Sujet plus détaillé dans la partie AMÉLIORATION DE NOTRE QUOTIDIEN

#### **2. Compréhension de l'Univers :**

Étudier l'espace permet de mieux comprendre l'origine, l'évolution et la nature de l'Univers, ainsi que les lois physiques qui le régissent.

→ Sujet plus détaillé dans la partie EXPLORER LE SYSTÈME SOLAIRE

#### **3. Recherche de la vie extraterrestre :**

Explorer d'autres planètes et lunes peut aider à découvrir des formes de vie extraterrestres, ce qui aurait des implications profondes pour notre compréhension de la vie et de notre place dans l'Univers.

→ Sujet plus détaillé dans la partie DÉCOUVRIR L'UNIVERS

#### **4. Survie à long terme de l'humanité :**

L'exploration spatiale pourrait offrir des solutions pour assurer la survie de l'humanité en cas de catastrophes globales sur Terre, comme la colonisation d'autres planètes.

→ Sujet plus détaillé dans la partie NEW SPACE

#### **5. Ressources spatiales :**

L'exploitation des ressources spatiales, comme les minerais sur les astéroïdes ou l'eau sur la Lune, pourrait bénéficier à l'économie terrestre et soutenir les futures missions spatiales.

→ Sujet plus détaillé dans la partie NEW SPACE



<https://blog.satsearch.co/2019-02-26-lets-talk-about-newspace>

## **6. Inspiration et éducation :**

L'exploration spatiale inspire les générations futures, encourageant les jeunes à poursuivre des carrières en sciences, technologie, ingénierie, (l'art) et mathématiques.

→ Sujet plus détaillé dans la partie STE(A)M.

## **7. Coopération internationale :**

Les projets spatiaux favorisent la coopération entre les nations, contribuant à des relations pacifiques et à des partenariats scientifiques et technologiques.

→ Sujet plus détaillé dans la partie ACTUALITÉ SPATIALE

## **8. Développement économique :**

Le secteur spatial crée des emplois et stimule l'économie à travers la création d'industries et de marchés liés à l'exploration spatiale.

→ Sujet plus détaillé dans la partie FOCUS BELGE

## **9. Protection de la Terre :**

En étudiant les astéroïdes et les comètes, nous pouvons mieux comprendre les menaces potentielles et développer des stratégies pour protéger la Terre des impacts catastrophiques.

→ Sujet plus détaillé dans la partie DÉCOUVRIR L'UNIVERS

## **10. Avancées en sciences de la Terre :**

Les satellites et autres technologies spatiales améliorent notre capacité à observer et comprendre les processus terrestres, tels que le climat, les écosystèmes et les catastrophes naturelles. Ils sont des outils aujourd'hui devenus indispensables à l'agriculture, à la prévention et à la gestion des catastrophes naturelles.

→ Sujet plus détaillé dans la partie CHARTE INTERNATIONALE 'ESPACE ET CATASTROPHES MAJEURES'

**11. Exploration humaine et aventure :**

L'exploration spatiale répond à l'instinct humain de découverte et d'aventure, élargissant les horizons de l'humanité.

→ Sujet plus détaillé dans la partie RÉFLEXIONS CITOYENNES ET PHILOSOPHIQUES

**12. Développement de nouveaux habitats :**

La recherche sur les environnements extraterrestres peut conduire à des innovations dans la construction et l'entretien d'habitats, équipements, matériaux durables sur Terre et ailleurs.

→ Sujet plus détaillé dans la partie HABITER L'ESPACE



Surviving Mars – Jeu console adapté du projet SpaceX

## Coût de la conquête spatiale

On estime le coût du programme Apollo à 140 milliards de dollars actuels. Ça peut paraître beaucoup, mais pas tant que cela, en comparaison du budget d'une guerre. Par exemple, la guerre en Irak (2003-2011) a coûté plus de 1 200 milliards de dollars. Soit plus de 8x le programme Apollo.

Par ailleurs, face à ces dépenses, il faut associer les gains des découvertes spatiales, très difficiles à chiffrer.

Ainsi, il faut compter le nombre d'emplois créés par la recherche spatiale. Par exemple, la NASA emploie 17 000 personnes, alors que le CNES en emploie 2 400. Sans compter les emplois créés via les entreprises privées travaillant au service de l'aérospatial, partout dans le monde.

**→ À voir dans l'exposition, le FOCUS BELGE : de nombreuses entreprises à la pointe de la technologie créent énormément d'emplois permettant des richesses scientifiques et économiques indéniables.**

Grâce à ces entreprises, nous profitons de nombreuses inventions utiles à notre quotidien, pourtant issues de la conquête spatiale. En Belgique, on chiffre les retours sur investissements ainsi : 1€ investit = 3€ de retombée.

Il en va de même pour les découvertes scientifiques fondamentales, sur la formation du Système solaire, l'émergence de la vie : quelle valeur leur donner ?

## 2.3. Le New Space

Le "New Space" est un terme qui désigne une nouvelle approche de l'exploration et de l'utilisation de l'espace, principalement caractérisée par l'implication croissante d'acteurs privés, l'innovation technologique rapide, et la réduction des coûts.

Contrairement à l'approche traditionnelle de l'espace, dominée par les agences gouvernementales telles que la NASA, l'ESA, et Roscosmos, le New Space est marqué par l'émergence de nombreuses entreprises privées et start-ups.

### Caractéristiques principales du New Space

#### Participation du secteur privé :

Des entreprises comme SpaceX, Blue Origin, Rocket Lab, et Virgin Galactic jouent un rôle de plus en plus important dans le développement des technologies spatiales, les lancements de fusées, et même les missions de recherche et d'exploration.

### **Réduction des coûts :**

Une des innovations majeures du New Space est la réduction significative des coûts de lancement. Par exemple, SpaceX a développé des fusées réutilisables, ce qui diminue le coût des missions spatiales.

### **Innovation rapide :**

Les entreprises du New Space adoptent souvent une approche plus commerciale, comme les startups, favorisant ainsi l'innovation rapide et l'expérimentation. Cela contraste avec les processus plus lents et bureaucratiques des agences gouvernementales.

### **Commercialisation de l'espace :**

Le New Space se caractérise également par la commercialisation de l'espace. Des services comme les lancements de satellites, le tourisme spatial, l'exploitation minière des astéroïdes, et les missions lunaires commerciales sont devenus des domaines d'intérêt commercial.

### **Diversification des missions :**

Les acteurs du New Space s'attaquent à une variété de projets, allant de l'Internet satellitaire (comme le projet Starlink de SpaceX) aux missions d'exploration interplanétaire (comme les projets de missions martiennes).

### **Accessibilité accrue :**

Grâce aux coûts réduits et aux nouvelles technologies, l'accès à l'espace devient plus accessible à un plus grand nombre d'acteurs, y compris les petites entreprises, les Universités, et même les pays en développement.

## **Impact du New Space**

- **Économie**

Le New Space crée de nouvelles opportunités économiques, générant des emplois et stimulant l'innovation dans des secteurs connexes comme l'électronique, les matériaux avancés, et les logiciels.

- **Science et technologie**

Les avancées dans le domaine spatial peuvent avoir des retombées importantes pour la science et la technologie sur Terre, comme dans les domaines des télécommunications, de l'observation de la Terre, et de la recherche scientifique.

- **Politique et régulation**

L'essor du New Space pose également des défis en termes de régulation et de politique. Les gouvernements doivent adapter leurs réglementations pour inclure et superviser les activités des entreprises privées dans l'espace.

En résumé, le New Space représente une transformation radicale dans la manière dont l'humanité aborde l'exploration et l'utilisation de l'espace, caractérisée par une plus grande participation du secteur privé, des innovations technologiques rapides, et une accessibilité accrue.

→ Vidéo CNES <https://www.youtube.com/watch?v=jRefxWUUpw>

→ À réserver : conférence « Le New Space » de Pierre-Emmanuel Paulis, Space instructeur à l'Euro Space Center et Président de La Mars Society Belgium. le jeudi 07 novembre 2024.

## 2.4. La pollution de l'espace

La pollution de l'espace, souvent appelée pollution spatiale, se réfère principalement à l'accumulation de débris produits par l'activité humaine en orbite terrestre. Voici une explication de ses caractéristiques principales et des enjeux associés :

### Caractéristiques

- **Débris Spatiaux**

Ce sont les éléments résiduels des engins spatiaux, tels que des satellites hors d'usage, des fragments de fusées, et d'autres équipements qui ont été abandonnés dans l'espace après des missions. Ces débris varient en taille, des gros morceaux de satellites désactivés aux petites particules générées par des collisions ou des explosions.

- **Densité Croissante**

La quantité de débris spatiaux a considérablement augmenté au fil des années, entraînant une densité croissante de ces débris en orbite basse terrestre (LEO) et en orbite géostationnaire (GEO).

- **Dynamique**

Les débris spatiaux se déplacent à des vitesses extrêmement élevées (jusqu'à 28 000 kilomètres par heure), augmentant le risque de collision avec des satellites actifs, des véhicules spatiaux habités, et même entre les débris eux-mêmes.

## Enjeux

- **Risque de Collision**

Les débris spatiaux présentent un risque significatif pour les satellites opérationnels et les missions habitées comme la Station Spatiale Internationale (SSI). Les collisions, même avec de petits débris, peuvent causer des dommages catastrophiques en raison de la grande vitesse relative des objets en orbite.

- **Impact sur les Missions Futures**

L'augmentation des débris spatiaux pourrait compliquer ou interdire l'accès sécurisé à certaines zones de l'espace, limitant les futures explorations spatiales ou la mise en orbite de nouveaux satellites.

- **Enjeux Internationaux**

La gestion de la pollution spatiale nécessite une coopération internationale, car l'espace est utilisé par de nombreux pays et entités privées. Les normes et réglementations doivent être établies et respectées pour contrôler la création de nouveaux débris et pour gérer les débris existants.

- **Effet Kessler**

L'effet Kessler, ou syndrome de Kessler, doit son nom à Donald J. Kessler. En 1978, l'astrophysicien a théorisé un scénario dans lequel la collision des débris entre eux auto-entretient la population à un rythme plus élevé que celui de leur élimination naturelle par freinage atmosphérique, de nouveaux débris.

En clair, le nombre de débris qui retombent naturellement dans l'atmosphère est inférieur au nombre de ceux générés par la collision des débris existants. Même si demain on cessait toute activité spatiale et tout lancement, la population de débris continuerait à augmenter de façon exponentielle, menant à une situation dans laquelle certaines orbites deviendraient impraticables à long terme.

À l'avenir, le syndrome de Kessler pourrait empêcher l'utilisation de certaines orbites, notamment aux altitudes où évoluent les satellites d'observation, comprises entre 700 et 1.100 km. À ce jour nous ne savons pas si ce point de non-retour a été atteint.

Pour limiter le nombre de débris spatiaux en orbite, des mesures de préventions ont été édictées par le Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux (IADC). La première limite est de 25 ans, le temps qu'un satellite peut rester dans l'espace après la fin de sa mission. La deuxième prévoit la passivation des étages supérieurs après utilisation par largage du carburant résiduel, pour limiter le risque d'une explosion des imbrûlés qui engendrerait des milliers de nouveaux débris.

De leurs côtés, les agences spatiales financent des programmes de recherche et de développement visant à mettre au point des satellites et des technologies capables de désorbiter les débris les plus gros et les plus menaçants.

La pollution de l'espace est donc un problème complexe et croissant qui requiert une attention internationale et des solutions innovantes pour assurer la durabilité et la sécurité des activités spatiales futures.

## 2.5. Améliorations dans notre quotidien

L'exploration spatiale a conduit à de nombreuses innovations qui améliorent notre vie quotidienne. Voici des exemples concrets de ces avancées :

### **GPS et navigation :**

Google Maps par exemple utilise la technologie GPS, dérivée des satellites de navigation développés pour l'exploration spatiale, pour fournir des directions précises et en temps réel.

### **Télécommunications :**

Netflix et autres fournissent des services de télévision par satellite partout dans le monde, grâce aux technologies de communication satellitaire.

### **Prévisions météorologiques :**

De nombreux satellites sont utilisés pour surveiller les conditions météorologiques et prévoir les tempêtes et autres événements climatiques extrêmes.

### **Agriculture :**

L'agriculture joue un rôle essentiel dans notre quotidien et dans l'économie mondiale. En fournissant des données précises et récentes sur l'humidité du sol, sur les précipitations prévues et sur l'état des cultures, les satellites aident les agriculteurs à maximiser le rendement de leurs cultures et à veiller en même temps à la gestion durable de leurs champs.

### **Panneaux solaires :**

Tesla Solar Panels bénéficient des avancées technologiques initialement développées pour fournir de l'énergie aux satellites.

### **Imagerie médicale :**

L'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) utilise des techniques de traitement d'image développées pour les missions spatiales, améliorant la clarté et la précision des scanners médicaux.

### **Matériaux avancés :**

La fibre de carbone par exemple, est utilisée dans les cadres de vélo et les raquettes de tennis, cette technologie a été améliorée grâce aux matériaux développés pour les missions spatiales.

### **Alimentation et conservation des aliments :**

Les repas lyophilisés sont utilisés par les campeurs et dans les kits de survie, dérivés des techniques de conservation alimentaire pour les astronautes. Il en va de même pour les laits pour bébés : en développant des systèmes de survie pour les missions de longue durée, des chercheurs ont découvert une source naturelle d'acide gras oméga-3 maintenant incorporé dans toutes les préparations pour nourrissons.

### **Isolation thermique :**

Thermos et sacs de couchage : Utilisent des matériaux d'isolation avancés développés pour les combinaisons spatiales pour conserver la chaleur.

### **Outils sans fil :**

Perceuses/foreuses/visseuses sans fil : Développées à l'origine pour permettre aux astronautes de travailler dans l'espace (prélèvements des échantillons de pierres et de sol sur la Lune), ces outils sont maintenant couramment utilisés dans les foyers et les industries. On s'est ensuite servi de la technologie du moteur de cette perceuse pour les aspirateurs sans fil.

### **Médecine téléopérée :**

Les robots chirurgicaux permettent des opérations à distance, une technologie initialement développée pour traiter les astronautes depuis la Terre. Ils permettent également de travailler avec des outils microscopiques impossibles à tenir en main, réduisant ainsi la lourdeur de l'opération et minimisant les incisions.

### **Détecteurs de fumée :**

Les détecteurs de fumée à domicile utilisent des capteurs développés pour les missions spatiales pour détecter les incendies et alerter les occupants, augmentant ainsi la sécurité domestique.

Ces exemples montrent comment l'exploration spatiale continue d'enrichir notre quotidien en rendant les technologies plus avancées et accessibles, tout en stimulant l'innovation dans divers domaines.

## **3. Habiter l'espace**

### **3.1. La Station Spatiale Internationale**

La notion la plus importante à prendre ne compte pour aller et vivre dans l'espace, c'est l'apesanteur (ou microgravité).

Elle se réfère à la condition dans laquelle les personnes ou les objets semblent être en état de poids nul. Cette sensation est surtout connue à bord des stations spatiales ou lors des vols paraboliques effectués par des avions spéciaux pour simuler cette condition.

#### **Comment ça fonctionne ?**

Sur Terre, nous sommes constamment sous l'effet de la gravité, une force qui nous attire vers le centre de la Terre.

En orbite, comme dans une station spatiale, les astronautes et tout à bord tombent en permanence autour de la Terre. Cela crée une sensation de chute libre, mais parce que la station elle-même est également en chute libre, les personnes à l'intérieur ne ressentent pas leur poids, ce qui donne la sensation d'absence de gravité ou d'apesanteur.

#### **Conséquences de l'apesanteur**

Les effets de l'apesanteur sont nombreux, et leur impact peut être important. Les principaux seront développés dans la section santé des astronautes.

Retenons également que l'apesanteur permet aux scientifiques d'étudier divers phénomènes sans l'interférence de la force de gravité terrestre, ouvrant des possibilités pour des recherches en physique, biologie, et d'autres sciences qui ne sont pas possibles sous conditions de gravité normale.

### 3.2. Le quotidien des astronautes

Si tout est imaginé afin de faciliter la vie en apesanteur des astronautes, vivre en orbite autour de la Terre entraîne de petits et grands bouleversements.



La Station Spatiale Internationale, l'ISS. © NASA

De par son caractère international, la station spatiale a tout d'une auberge espagnole dans les étoiles. Un confort relativement sommaire, une promiscuité bien établie même si bien gérée, et des colocs qui discutent, palabrent et négocient en plusieurs langues (Pesquet a notamment appris le russe). Le tout dans un espace restreint d'environ 400 mètres cubes habitables, initialement prévus pour accueillir six occupants.

Mais avoir la tête dans les étoiles vaut bien un peu de promiscuité, les astronautes en sont conscients. Pour dormir, un simple sac de couchage bien accroché à une paroi de la station. La ventilation tourne plein pot afin d'éviter que la respiration ne forme une poche toxique de dioxyde de carbone, celui-ci ne se disperse pas comme sur Terre. Rayon hygiène personnelle, oubliez la douche, l'eau est un bien trop précieux dans la station spatiale. On se lave donc à la lingette humidifiée.



Les toilettes américaines de l'ISS, situées dans le module Tranquility. © NASA

Concernant les toilettes, pas de WC confortable où lire en paix les news du jour ou parcourir son Instagram ou son Facebook. Dans l'espace on fait pipi dans un tuyau muni d'un entonnoir. Le tout est ensuite aspiré pour être directement recyclé en... eau potable. Concernant les autres besoins physiologiques, un système similaire l'isole dans un petit sac, qui finit dans un container, lui-même rejeté dans l'espace une fois rempli afin qu'il se désintègre en rentrant dans l'atmosphère.

### Journée-type dans l'ISS

Avec une vitesse de 27.600 km/h, la Station Spatiale Internationale boucle un tour de la Terre en à peine 90 minutes. Impossible dans ces conditions de se fier à la lumière extérieure pour rythmer sa journée, tout se doit d'être minutieusement organisé "comme si". Pour simuler de véritables journées, la lumière dans la station est allumée le matin et éteinte le soir. Le tout basé sur l'heure UTC du méridien de Greenwich.

Généralement, c'est vers 7h30 que la journée débute. Échange d'informations avec tous les centres de contrôle des partenaires répartis autour de la Terre, le planning du jour est passé en revue.

Ensuite, diverses tâches sont effectuées pendant plusieurs heures, principalement de la recherche, cela représente 60% du temps d'un astronaute. Le reste du temps de la journée de travail est utilisé pour effectuer des tâches d'entretien, de maintenance et de logistique. Des tâches primordiales notamment afin d'éviter les problèmes tels que les incendies par exemple.

Malgré toutes ces activités, la perte musculaire et osseuse est un réel problème dans l'espace parce qu'on utilise moins les jambes, le dos. Les deux trois heures

quotidiennes de sport, généralement à partir de 17 heures, sont là pour atténuer ces effets néfastes. Qu'à cela ne tienne, les horloges biologiques et les défenses immunitaires souffrent. Quant au système cardiovasculaire, lui aussi vieillit prématurément, de vingt ans en six mois. Heureusement c'est réversible une fois revenu sur Terre.

Enfin, entre 20 heures le soir et 7h30 le matin, c'est quartier libre, et cela cinq jours par semaine. Le week-end, les choses sont différentes. Dans l'espace aussi le samedi est le jour du ménage, même si une partie de la journée peut être consacrée au travail en retard ou obligatoire pour des questions de planning. Reste le dimanche, généralement libre hormis la prise de sang hebdomadaire. Une journée souvent mise à profit par les astronautes pour effectuer des photos de la Terre et de l'espace.

<https://www.rtf.be/article/a-quoi-ressemble-une-journee-type-de-thomas-pesquet-a-bord-de-l-iss-ses-repas-son-quotidien-et-son-etrange-animal-de-compagnie-10747082>

## La santé des astronautes

**Sur Terre comme dans l'espace, les astronautes sont soumis à un rigoureux conditionnement physique ainsi qu'à de fréquents examens médicaux pour assurer le maintien optimal de leur santé. Pour mieux comprendre comment les missions spatiales affectent le corps de ces hommes et femmes d'exception.**

Même si le corps des astronautes est comme le nôtre, les préoccupations médicales qui le concerne peuvent être bien différentes.

Les astronautes sont des personnes qui sont en très bonne santé en général, ils sont sélectionnés entre autres pour ces raisons-là, mais ils travaillent dans un environnement tout à fait anormal, ce qui nécessite un suivi médical très poussé et quotidien.

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'état de santé des astronautes, notamment la micropesanteur, c'est-à-dire cette gravité extrêmement réduite qui affecte le corps humain et la santé cardiovasculaire dans l'espace. À l'intérieur de l'ISS, les muscles et les os des astronautes n'ont plus besoin de supporter le poids de leur corps comme c'est le cas sur Terre, ils s'affaiblissent donc graduellement.

Les séjours des hommes et femmes de l'espace qui visitent la SSI durent généralement six mois, les effets causés par la micropesanteur ont donc le temps d'évoluer durant cette période. La masse osseuse des astronautes diminue d'environ 1 % pour chaque mois passé dans l'espace, tout comme la masse musculaire. Autre effet secondaire de cette exposition prolongée à l'espace : les astronautes peuvent gagner quelques centimètres en raison du relâchement des os et des muscles.



# COMMENT L'ESPACE AFFECTE-T-IL LA SANTÉ MENTALE DES ASTRONAUTES?

Être dans l'espace comporte son lot de défis. Les astronautes doivent maintenir une bonne santé mentale et demeurer concentrés pour atteindre leurs objectifs de mission tout en assurant leur sécurité ainsi que celle du reste de l'équipage et de l'engin spatial. Nous nous préparons à retourner sur la Lune et, un jour, à nous rendre sur Mars : les effets sur la santé mentale des astronautes de ces longs voyages spatiaux seront importants.

## ENVIRONNEMENT



Il peut être pénible de vivre dans un lieu exigu sans pouvoir en sortir, pour faire une promenade par exemple. Le bruit constant de la ventilation, l'air recyclé, le manque d'intimité et le faible niveau de confort minent le moral.

## EFFET DE VUE D'ENSEMBLE



Quand ils voient la Terre pour la première fois depuis l'espace, certains astronautes ressentent transformés de cette expérience intense. Ils ont alors une meilleure appréciation de la Terre et de sa fragilité, et ressentent un lien profond avec l'humanité dans son ensemble.

## ISOLEMENT



Les missions spatiales sont souvent longues et les astronautes communiquent peu souvent avec leur famille et leurs amis. Les quelques membres d'équipage partageant un tout petit espace, seuls ensemble loin de la Terre.

## DÉLAIS ET DISTANCE



Les délais de communication entre l'espace et la Terre peuvent être frustrants et nuire aux opérations. Par ailleurs, les astronautes ne peuvent pas revenir sur Terre rapidement en cas d'urgence et les missions de ravitaillement ne sont possibles que peu souvent.

## SOMMEIL PERTURBÉ

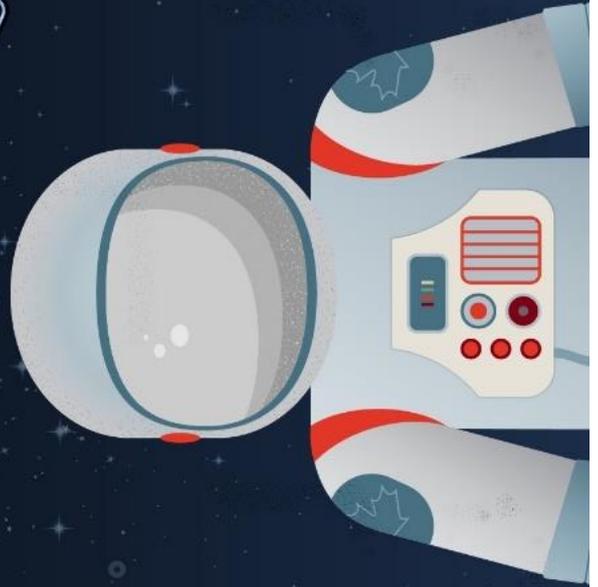


Avoir une bonne nuit de sommeil est essentiel pour demeurer en bonne santé et bien fonctionner. À la Station spatiale internationale, il y a 16 levés et couchers de soleil par jour, ce qui peut avoir un effet notable sur le cycle du sommeil.

## EFFICACITÉ ET SÉCURITÉ



L'espace est un endroit dangereux où des tâches réalisées facilement sur Terre deviennent complexes. Les astronautes ont beaucoup de travail à faire et doivent être productifs. Ils doivent parfois prendre des décisions de vie ou de mort avec peu de renseignements à leur disposition.



Agence spatiale canadienne

Canadian Space Agency

Canada



# COMMENT L'ESPACE AFFECTE-T-IL LE CORPS HUMAIN?

L'espace a des effets indésirables sur le corps humain. Puisque nous envisageons d'explorer l'espace lointain, Mars par exemple, il nous faut protéger la santé des explorateurs des temps modernes.

Les impacts de la microgravité ressemblent aux effets du vieillissement et aux problèmes de santé liés à la sédentarité. En étudiant la santé des astronautes, nous aidons aussi les gens sur Terre.

## SANG

La moelle osseuse produit moins de cellules sanguines. Un nombre moins élevé de globules rouges peut causer l'anémie. Une diminution des globules blancs peut rendre le corps vulnérable aux infections et plus sensible au rayonnement.

## RAYONNEMENT

L'exposition au rayonnement est plus intense. La surexposition peut causer des cataractes, altérer l'ADN et augmenter le risque de cancer.

## CERVEAU

Les perceptions et le sens de l'orientation des astronautes peuvent être perturbés. Il leur arrive parfois de mal interpréter le sens et la vitesse de leurs mouvements. Certains éprouvent même le « mal de l'espace ».

## COEUR ET VAISSEAUX SANGUINS

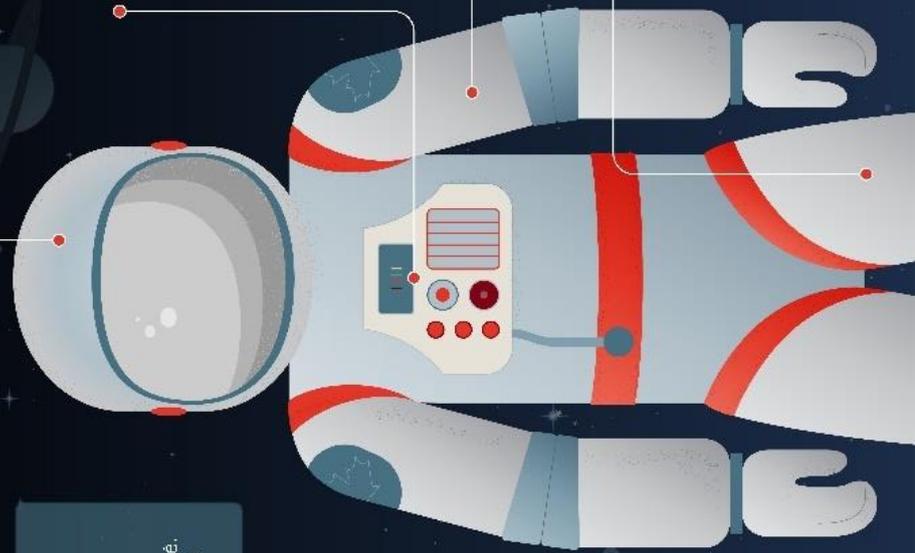
Les vaisseaux sanguins perdent de leur élasticité et vieillissent plus vite. Les astronautes peuvent aussi développer une résistance à l'insuline, qui peut mener au diabète de type 2. Il s'agit là de deux facteurs de risque de maladies cardiovasculaires.

## MUSCLES ET SYSTÈME NERVEUX

Dans l'espace, le corps perd de sa masse musculaire et de sa force. Les réflexes sont moins vifs et l'exercice physique tend à être moins efficace.

## OS

Puisque les os ne supportent pas de poids, leur densité et leur solidité diminuent. Un adulte de plus de 50 ans perd environ 1 % de masse osseuse par année, alors que cette perte peut s'élever à 1,5 % par mois chez les astronautes en mission.



Agence spatiale canadienne Canadian Space Agency

Canada

## Les astrofoods

Manger en apesanteur, ce n'est pas toujours du gâteau ! Certains aliments peuvent **contaminer** l'air ambiant ou **salir** l'équipement. Les astronautes doivent faire preuve de prudence au moment des repas.

Tout comme l'activité physique, une alimentation saine contribue à **réduire les effets nuisibles** de l'apesanteur sur le corps humain.

Les aliments doivent répondre à **certains critères** pour se retrouver en orbite :

**Compacts** : L'espace est très limité à bord de la SSI.

**Légers** : L'envoi de produits en orbite est extrêmement coûteux.

**Nutritifs** : Les aliments doivent contribuer à la saine alimentation de l'équipage.

**Savoureux** : Le sens du goût des astronautes est diminué en apesanteur.

**Collants ou humides** : Les miettes et les particules flottent librement sans gravité.

**Traités ou pasteurisés** : La nourriture doit se conserver au moins pour toute la durée d'une mission.

Cuisiner dans l'ISS :

**Réchauffer** le repas dans le four à conduction ou le **réhydrater** selon les indications.

Préparer la boisson en la **réhydratant** avec de l'eau chaude ou froide.

**Couper** l'emballage du repas avec des ciseaux.

**Manger** le repas dans l'emballage et **boire** avec une paille adaptée.

**Attraper** la nourriture fugitive avec un ustensile... ou avec la bouche !

La conservation des aliments :

La majorité des aliments dans la SSI ont été choisis et **emballés** de manière à ce qu'ils se conservent pendant **toute la durée** d'une mission. Une petite étiquette indiquant la **date de péremption** est d'ailleurs apposée sur chaque aliment.

Les aliments **frais** peuvent être livrés ponctuellement à la station par vaisseau-cargo. Parfois les équipes au sol y mettent quelques fruits et légumes frais... un vrai luxe !

Les aliments **thermostabilisés** ont été traités à la chaleur, alors que les aliments **irradiés** ont été soumis à des rayons ionisants pour détruire certains microorganismes. Tout ça pour mieux les préserver !



# Au menu des astronautes

## Que mangent les explorateurs de l'espace?

Actuellement, les astronautes qui vont dans l'espace vivent à bord de la Station spatiale internationale, où il n'y a ni réfrigérateur, ni congélateur, ni cuisinière, ni lave-vaisselle. Et il faut faire attention en préparant le repas, sinon les aliments se mettront à flotter un peu partout! Alors, que mangent les astronautes et comment s'alimentent-ils?



### CRITÈRES ESSENTIELS DES ALIMENTS DE L'ESPACE



Savoureux



Nutritifs



Compacts



Légers



Pas de miettes



Longue durée de conservation

### 6 TYPES D'ALIMENTS

sont consommés à bord de la Station, mais seuls cinq types peuvent être conservés pendant une longue période.



Frais

Doivent être mangés quelques jours après leur réception



Nature

Peuvent être mangés tels quels



Séchés

À faible teneur en humidité et à longue durée de conservation



Irradiés

Pour prolonger la durée de conservation



Déshydratés

Eau retirée pour prolonger la durée de vie



Thermostabilisés

Traitement thermique, souvent sous pression, pour prolonger la durée de conservation

### AU MENU

Le menu type de la Station compte plus de 200 choix possibles d'aliments et de boissons, dont voici des exemples.



#### Jus



Après avoir ajouté de l'eau, on boit avec la paille spéciale.

#### Œufs brouillés



Précuits : il suffit de les réhydrater.

#### Tortillas



On les garnit, puis on les mange, sans faire de miettes!

#### Cocktail de crevettes



Et pourquoi pas un peu de piquant? Miam!

#### Carottes



Les légumes frais dans l'espace, c'est une denrée rare.

#### Abricots secs



Une collation vite fait bien fait!

#### Bifteck



Irradié pour une longue durée de conservation.

#### Crème au chocolat



Cette délicieuse douceur colle à la cuillère.

### \* QUI FAIT LA CUISINE? \*

Sur Terre, des chercheurs spécialisés en alimentation préparent et emballent la nourriture pour qu'on puisse la manger le plus facilement possible. Tout est bien étiqueté. Les astronautes mettent la touche finale à la préparation dans l'espace.



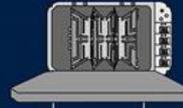
### \* PRÉPARATION DES ALIMENTS DANS L'ESPACE \*

#### Réhydrater



Un distributeur d'eau permet d'avoir de l'eau chaude ou à température ambiante.

#### Réchauffer



Le four à conduction peut réchauffer la nourriture jusqu'à 82 °C.

#### Ouvrir



Les ciseaux sont essentiels à tout astronaute affamé!



Agence spatiale canadienne Canadian Space Agency

Canada

### 3.3. Les études scientifiques

Réaliser des expériences scientifiques en micropesanteur, mais aussi disposer d'un observatoire terrestre et astronomique ou encore préparer les futurs vols habités, tels sont les principaux objectifs qui ont présidé à la naissance de la Station Spatiale Internationale (ISS). Développée par la NASA en collaboration avec l'ESA et les agences spatiales russe, canadienne et japonaise, l'ISS sera utilisée jusqu'en 2030.

<https://iss.cnes.fr/fr>

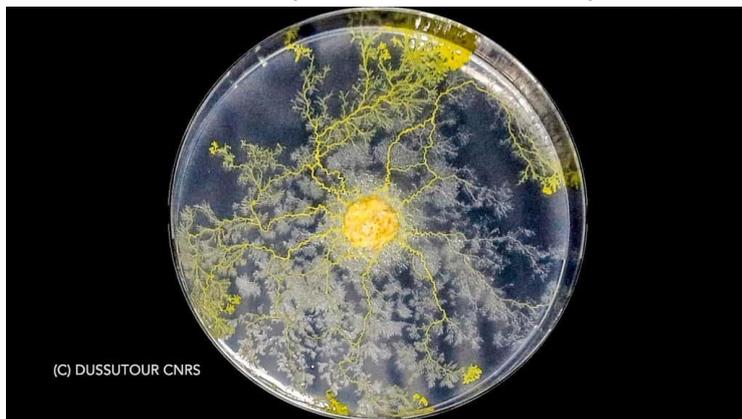
#### L'exemple du blob

Le blob est un myxomycète composé d'une cellule unique géante (jusqu'à 10 m<sup>2</sup>) renfermant plusieurs milliers de noyaux, capable de se déplacer (de 1 à 4 cm par heure), et doué d'une forme d'apprentissage fondée sur l'absorption de molécules issues de son environnement ou de la fusion avec un autre blob.

Un projet de recherche scientifique sur le blob, mené en collaboration avec le Centre national d'études spatiales (CNES), **Audrey Dussutour**, chercheuse au Centre national de la Recherche Scientifique (CNRS), et l'astronaute français **Thomas Pesquet** a été réalisé dans l'ISS. Ces mêmes expériences ont également été réalisées sur Terre, en collaborant avec des écoles.

Dans le cadre de cette étude, les scientifiques, petits (élèves) et grands (chercheurs), ont observé dans un premier temps le comportement et les déplacements du blob.

Dans un second temps, les acteurs de l'expérience ont regardé comment le blob agit



avec quatre sources de nourriture. Sur Terre, il peut toutes les connecter à l'aide de son système veineux, mais est-ce la même chose dans les laboratoires de l'ISS ?

Le myxomycète *Petasium polycephalum*, ou « blob », proliférant dans du gel d'agarose. © Dussutour, CNRS, Nasa

Le but du projet était de

sensibiliser les élèves, du primaire au lycée et de tous les niveaux, à la science, mais aussi de voir quels sont les effets de la micropesanteur sur cette créature étonnante.

➔ **Mission scolaire comme dans l'ISS « élève ton blob » : marche à suivre :**

<https://missionalpha.cnes.fr/fr/elevetonblob-resultats-iss>

## 4. Observer la Terre

### 4.1. Les satellites artificiels et ballons-sondes

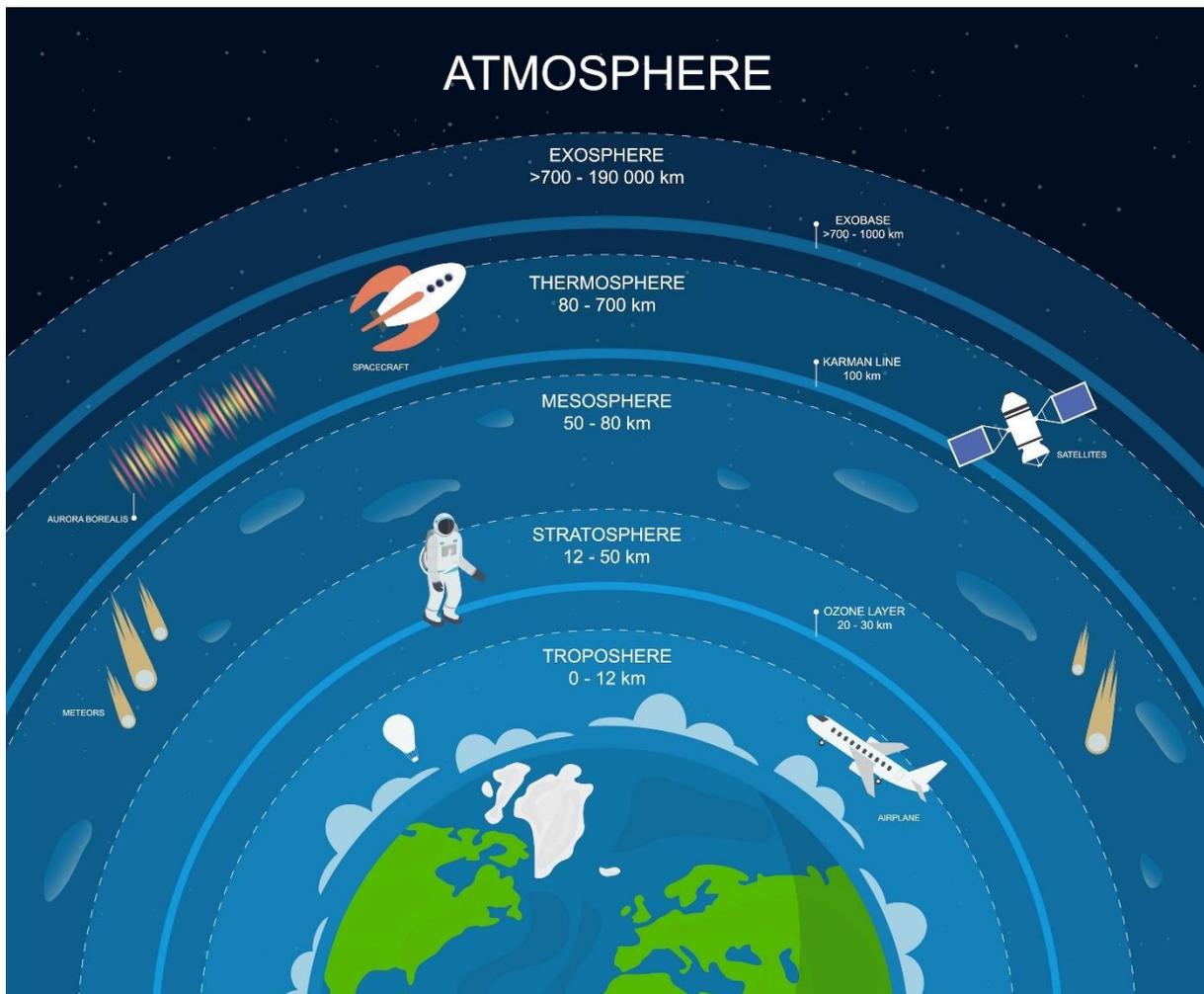
#### Fonctionnement des satellites d'observation

L'Espace est un endroit privilégié pour **observer** notre planète. Le domaine le plus largement couvert par les satellites d'observation de la Terre, et le plus ancien historiquement, reste celui de l'**imagerie**, qu'elle soit **optique** ou **radar**.

En simplifiant beaucoup, un satellite d'observation de la Terre est comme un très gros appareil photo placé sur une orbite à 600-800 km au-dessus de nos têtes.

Son fonctionnement standard contient les étapes suivantes :

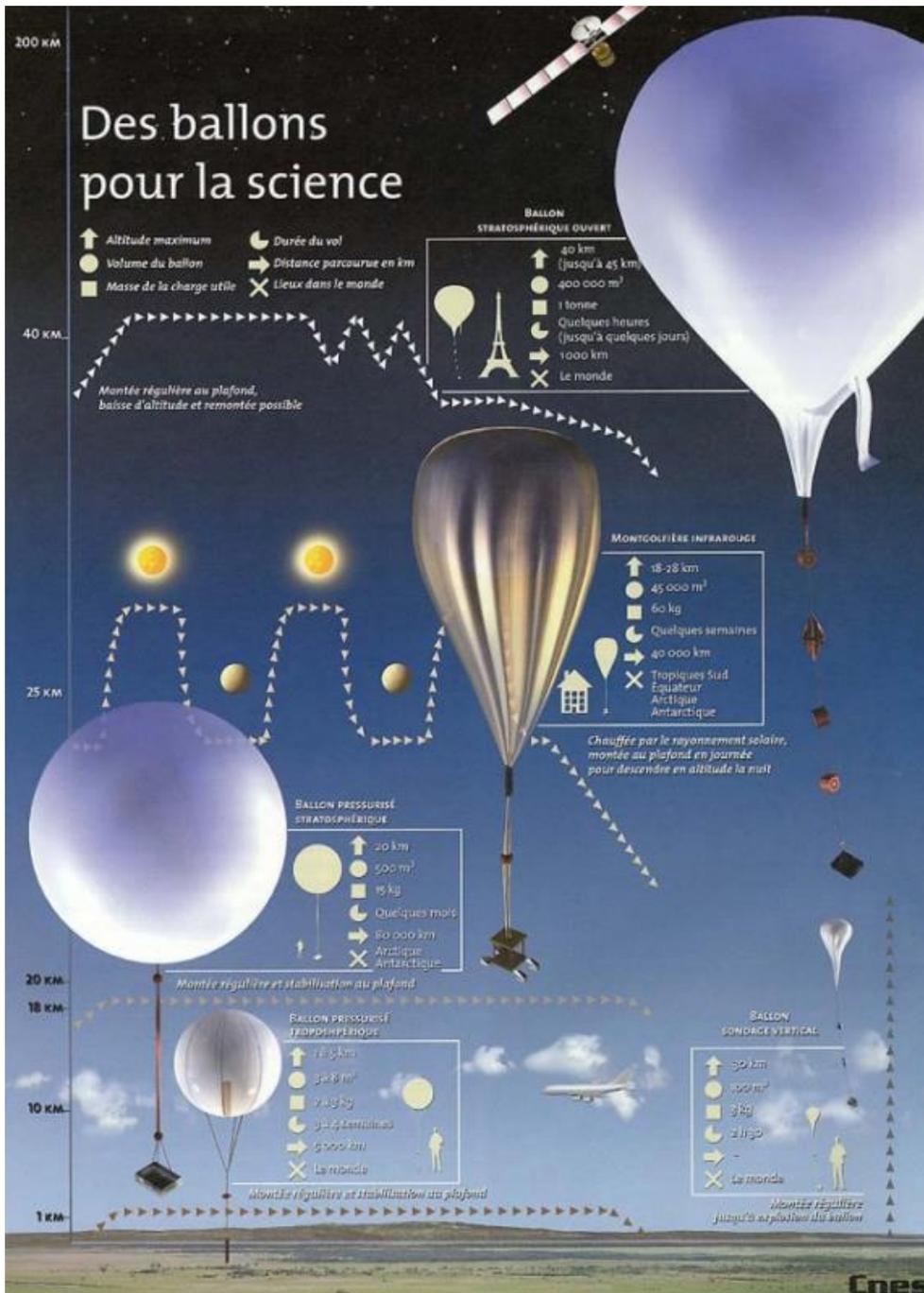
- Recevoir la liste des zones à photographier qui sont envoyées par le centre de contrôle
- Prendre les images des zones programmées
- Stocker ces images dans sa mémoire de bord
- Les retransmettre au sol quand il passe au-dessus d'un centre de réception.



## Fonctionnement des ballons-sondes

Un ballon-sonde est un ballon à gaz utilisé dans les domaines de la météorologie et de l'aéronautique. Il s'agit d'un ballon libre non habité, utilisé pour faire des mesures locales dans l'atmosphère grâce à un certain nombre d'instruments mis à bord dans une nacelle appelée radiosonde, ainsi que d'un réflecteur radar ou d'un système de radiolocalisation pour le suivre et donc déterminer la vitesse des vents. Le ballon-sonde a été inventé par Gustave Hermite en 1892.

Son principal intérêt est de pouvoir atteindre des altitudes d'au moins 35 km, le record étant de 53 km, difficile à obtenir avec des moyens plus conventionnels tels que les avions, et à un coût bien inférieur à une fusée-sonde ou un satellite.



La plupart des ballons expérimentaux ont un but d'étude de l'atmosphère (par exemple : la couche d'ozone) et sont mis en œuvre par des professionnels tels que le CNES ou des Universités.

Il existe aussi des ballons météorologiques dont le but est de relever la température, l'humidité, la vitesse et la force des vents qui aident à l'élaboration de prévisions météorologiques : il s'agit des radiosondages. Les lâchers de ces ballons s'effectuent deux fois par jour, à 0 h TU et 12 h TU, selon une convention de l'Organisation météorologique mondiale.

## 4.2. La satellisation : mise en orbite

La satellisation est l'action d'imprimer à un engin spatial un mouvement périodique autour d'un astre de masse prépondérante de sorte qu'il en devienne un satellite artificiel. En plus simple, c'est le lancement d'un engin spatial et son placement sur orbite.



Pour se débarrasser des contraintes atmosphériques, l'objet à satelliser est envoyé à une altitude suffisamment élevée (200 km de la Terre minimum). Au moment de la mise en orbite, le lanceur lui transmet une vitesse correcte en intensité et en direction. Dans le vide, du fait de l'inertie, l'objet conserve naturellement sa vitesse initiale et reste captif sur son orbite, comme s'il se déplaçait sur des rails. Suivant l'altitude, l'intensité de la vitesse de satellisation varie. Ainsi, plus on s'éloigne du sol, plus la vitesse de satellisation diminue. Pour maintenir un objet sur une orbite circulaire à 150 km de la Terre, une vitesse de 7,8 km/s (28 000 km/h) est nécessaire ; elle n'est que de 3 km/s (10 800 km/s) pour un satellite placé à 36 000 km de la Terre.

Les satellites restent en orbite grâce à un équilibre délicat entre deux forces : la vitesse de déplacement du satellite et la force gravitationnelle de la Terre qui l'attire vers son centre.

### **La vitesse horizontale :**

Lorsqu'un satellite est lancé dans l'espace, il est propulsé à une vitesse suffisamment élevée pour qu'il parcourt une grande distance horizontalement. Cette vitesse doit être assez rapide pour que, alors qu'il tombe vers la Terre à cause de la gravité, il continue de "manquer" la Terre. Autrement dit, il tombe vers la Terre, mais parce qu'il se déplace aussi rapidement de côté, il orbite autour plutôt que de s'écraser.

### **La gravité :**

La gravité de la Terre attire le satellite vers son centre. Sans cette force de gravité, le satellite s'éloignerait tout droit dans l'espace. La gravité de la Terre courbe donc la trajectoire du satellite, le maintenant en orbite.

Cet équilibre crée une trajectoire circulaire ou elliptique autour de la Terre, permettant au satellite de continuer à orbiter indéfiniment, sauf s'il est perturbé par d'autres forces comme la résistance atmosphérique (dans les orbites très basses) ou des forces gravitationnelles d'autres corps comme la Lune ou le Soleil. En pratique, les satellites en orbite basse nécessitent parfois des corrections de trajectoire pour contrer ces petites perturbations et maintenir leur orbite stable.

## **4.3. La Charte internationale "Espace et catastrophes majeures"**

### **Objectifs**

L'objectif principal de la Charte est de fournir un accès rapide et gratuit aux données satellitaires en cas de catastrophe naturelle majeure. Ces données aident les autorités locales à évaluer les dommages, à planifier les secours et à coordonner les efforts de réhabilitation. Les types de catastrophes couvertes incluent les séismes, les inondations, les ouragans, les feux de forêt, les glissements de terrain et autres phénomènes naturels dévastateurs.

### **Conclusion**

La Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures est un exemple remarquable de collaboration internationale utilisant les technologies spatiales pour répondre aux urgences mondiales. En mettant en commun les ressources et les compétences des agences spatiales du monde entier, elle joue un rôle crucial dans la gestion des catastrophes naturelles et démontre le potentiel humanitaire des technologies spatiales.

# UN PARTENARIAT MONDIAL DE SECOURS AUX SINISTRÉS

La Charte établit un système unifié qui permet de fournir aux équipes de secours des données satellitaires sur des zones touchées par une catastrophe. En disposant rapidement de renseignements fiables et précis, ces équipes sont mieux outillées pour sauver des vies et limiter les dommages.



Membres fondateurs :



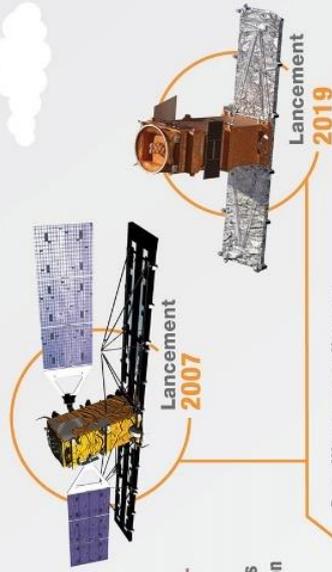
17 membres

Types de catastrophes :  
**inondation, cyclone/ouragan, éruption volcanique, glissement de terrain, déversement d'hydrocarbures, tremblement de terre, tsunami, feux de forêt**



24 heures sur 24, **tous les jours**

Activations de 2000 au 6 octobre 2020 :  
**678** dans 126 pays  
**14** au Canada



Satellites canadiens :  
**RADARSAT-2 et mission de la Constellation RADARSAT**

Depuis **novembre 2000**

Données satellitaires fournies **gracieusement** aux utilisateurs par les membres de la Charte



Agence spatiale  
canadienne

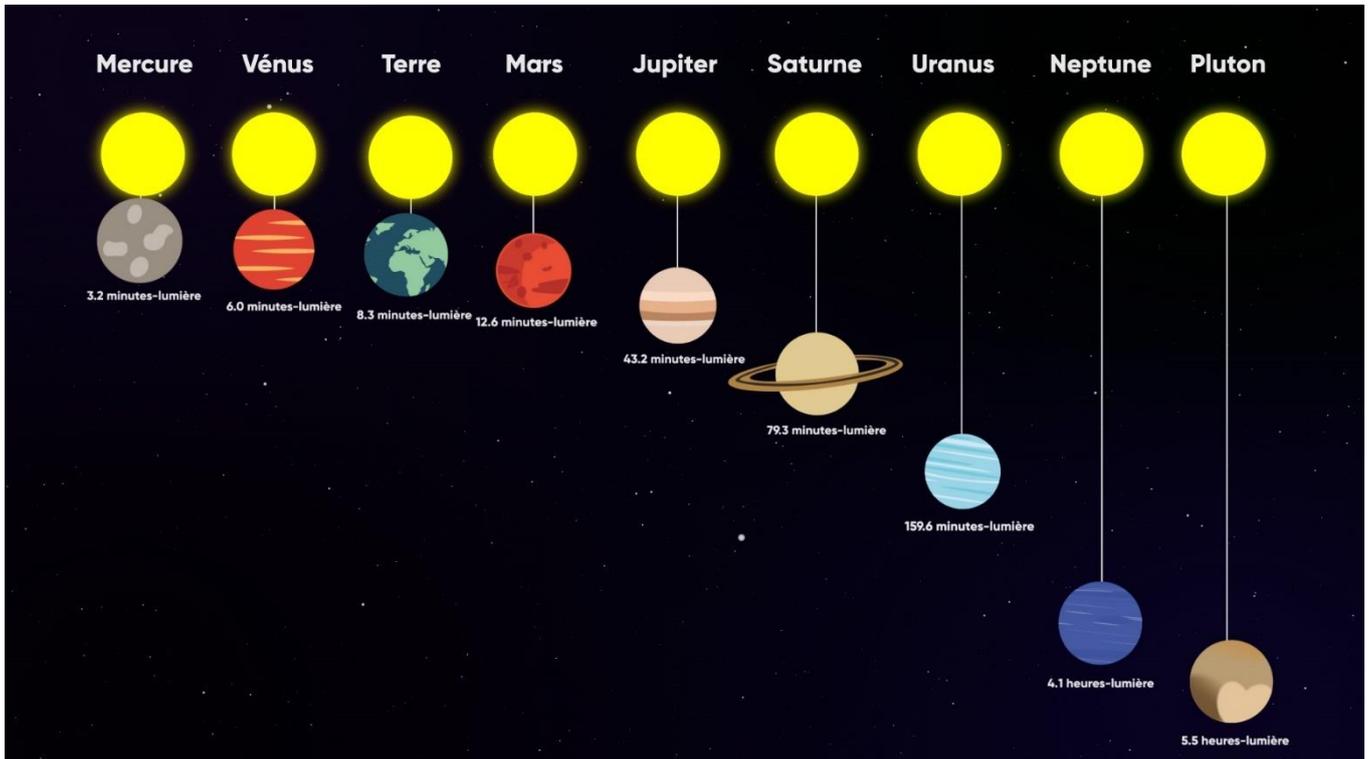
Canada

## 5. Explorer le système solaire

### 5.1. Les planètes du système solaire

Le système solaire est composé de huit planètes, chacune ayant des caractéristiques uniques. Voici un résumé des principales caractéristiques de chaque planète :

Distance entre le Soleil et les planètes (en années-lumière)



#### 1. Mercure

Position : Première planète à partir du Soleil.

Taille : Plus petite planète du système solaire.

Atmosphère : Très fine, composée principalement d'oxygène, de sodium, d'hydrogène, d'hélium et de potassium.

Température : Extrêmes de -173°C la nuit à 427°C le jour.

Surface : Cratères, plaines lisses, falaises abruptes.

Lunes : Aucune.

#### 2. Vénus

Position : Deuxième planète à partir du Soleil.

Taille : Diamètre similaire à celui de la Terre.

Atmosphère : Épaisse et toxique, composée principalement de dioxyde de carbone avec des nuages d'acide sulfurique.

Température : Très élevée, moyenne d'environ 465°C.

Surface : Volcans, montagnes, vastes plaines.

Lunes : Aucune.

### **3. Terre**

Position : Troisième planète à partir du Soleil.

Taille : Cinquième plus grande planète.

Atmosphère : Composée principalement d'azote (78%) et d'oxygène (21%).

Température : Moyenne de 15°C, variabilité selon les régions.

Surface : Continents et océans, montagnes, déserts, forêts.

Lunes : Une (la Lune).

### **4. Mars**

Position : Quatrième planète à partir du Soleil.

Taille : Environ la moitié de la taille de la Terre.

Atmosphère : Fine, composée principalement de dioxyde de carbone.

Température : Moyenne de -60°C.

Surface : Vallées, volcans géants (Olympus Mons), canyons, calottes glaciaires polaires.

Lunes : Deux (Phobos et Deimos).

### **5. Jupiter**

Position : Cinquième planète à partir du Soleil.

Taille : Plus grande planète du système solaire.

Atmosphère : Composée principalement d'hydrogène et d'hélium.

Température : Moyenne de -145°C.

Surface : N'a pas de surface solide, composée de gaz et de liquide.

Lunes : Au moins 79, les plus grandes étant Ganymède, Callisto, Io et Europe.

Particularité : Grande Tache Rouge, une énorme tempête persistante.

## **6. Saturne**

Position : Sixième planète à partir du Soleil.

Taille : Deuxième plus grande planète.

Atmosphère : Composée principalement d'hydrogène et d'hélium.

Température : Moyenne de -178°C.

Surface : N'a pas de surface solide, composée de gaz et de liquide.

Lunes : Au moins 83, la plus grande étant Titan.

Particularité : Système d'anneaux autour d'elle.

## **7. Uranus**

Position : Septième planète à partir du Soleil.

Taille : Troisième plus grande planète par le diamètre.

Atmosphère : Composée principalement d'hydrogène, d'hélium et de méthane.

Température : Moyenne de -224°C.

Surface : N'a pas de surface solide, composée de gaz et de glace.

Lunes : Au moins 27, les plus grandes étant Titania et Oberon.

Particularité : Axe de rotation fortement incliné, rotation sur le côté.

## **8. Neptune**

Position : Huitième planète à partir du Soleil.

Taille : Quatrième plus grande planète par le diamètre.

Atmosphère : Composée principalement d'hydrogène, d'hélium et de méthane.

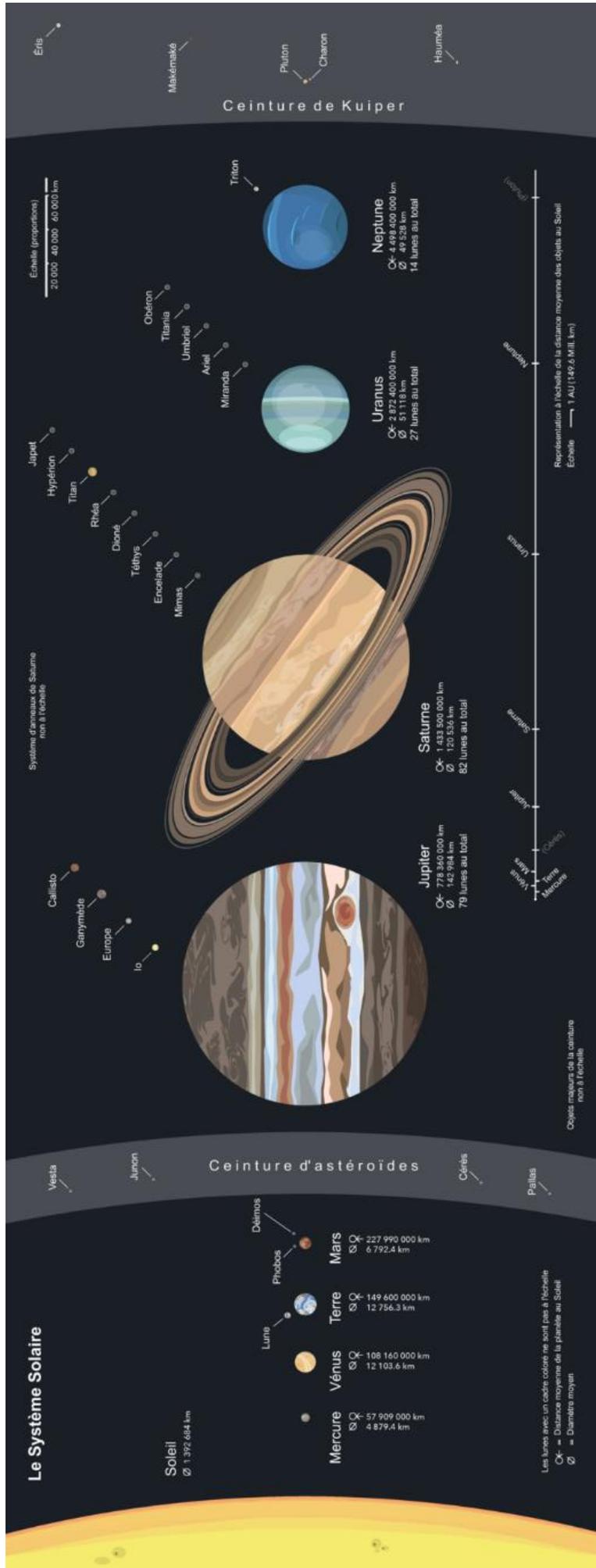
Température : Moyenne de -214°C.

Surface : N'a pas de surface solide, composée de gaz et de glace.

Lunes : Au moins 14, la plus grande étant Triton.

Particularité : Vents les plus forts du système solaire.

Chaque planète possède donc des caractéristiques uniques qui les rendent fascinantes à étudier et comprendre.



## 5.2. L'incidence du Soleil sur la Terre

Imaginons que la Terre est comme un petit ballon qui tourne autour d'une lampe allumée, qui représentera le Soleil. En tournant autour du Soleil, le ballon (la Terre) tourne aussi sur lui-même, ce qui explique pourquoi nous avons le jour et la nuit.

### Le jour et la nuit :

Lorsque tu fais tourner un ballon avec une lampe au centre de la pièce, une moitié du ballon est toujours éclairée par la lampe tandis que l'autre moitié est dans l'ombre. Sur Terre, quand tu es du côté éclairé par le Soleil, il fait jour. Lorsque la Terre continue de tourner et que tu passes du côté dans l'ombre, il fait nuit.

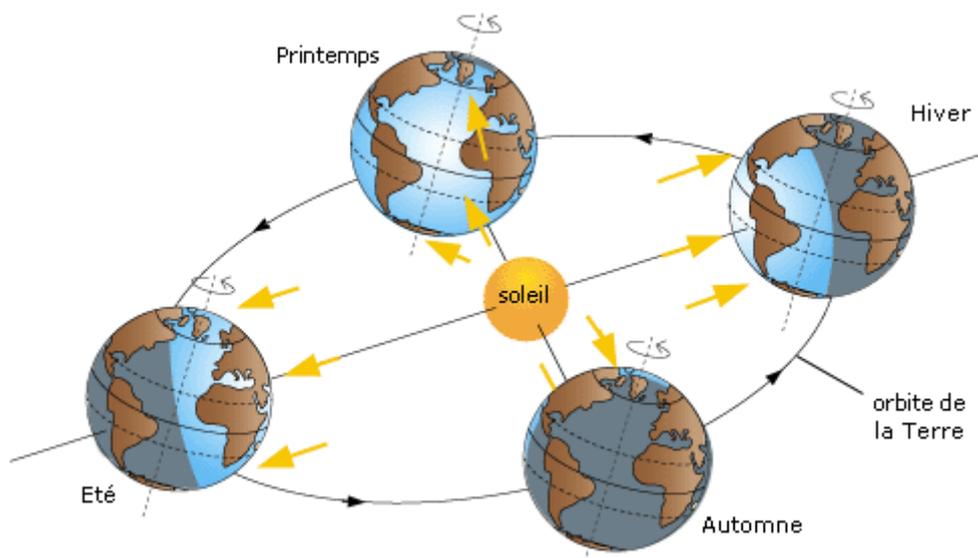
### Les saisons :

Pour comprendre les saisons, imagine que tu inclines légèrement le ballon pendant qu'il tourne autour de la lampe. La Terre est aussi un peu inclinée sur son axe (c'est-à-dire, l'imaginaire bâton qui passe par le centre de la Terre et autour duquel elle tourne).

En été, ton côté du ballon est incliné vers la lampe, donc tu reçois plus de lumière et de chaleur. En hiver, ton côté est incliné loin de la lampe, donc il reçoit moins de lumière et de chaleur, ce qui rend les jours plus courts et plus froids.

Au printemps et en automne, l'inclinaison fait que ton côté du ballon reçoit une quantité modérée de lumière et de chaleur, ce qui donne des températures plus douces.

Ainsi, le jour et la nuit se produisent parce que la Terre tourne sur elle-même, tandis que les saisons changent à cause de l'inclinaison de la Terre pendant qu'elle voyage autour du Soleil.



<https://www.maxicours.com/se/cours/la-terre-dans-le-systeme-solaire-saisons-et-climats/>

### 5.3. Les 5 étapes de l'observation spatiale

Afin d'en connaître davantage sur notre système solaire, de répondre à de grandes questions scientifiques, il est important d'y aller étape par étape ; tout un programme !

#### **Missions de survol**

On programme des missions de survol afin de photographier l'astre, et si possible faire quelques mesures à propos de son atmosphère ou de sa surface.

#### **Sondes en orbite**

On envoie une sonde qui se place en orbite autour de l'astre. Cela permet d'observer celui-ci dans la durée et dans sa globalité.

#### **Déploiement de robots**

Un premier atterrissage et le déploiement d'engins robotisés vont arpenter la planète et réaliser in situ (dans son milieu naturel) des mesures sur la composition du sol et de l'atmosphère.

Il peut y avoir par après plusieurs missions de déploiement de divers robots, en fonction des buts de recherches poursuivis.

#### **Retour d'échantillons**

Le robot redécoule de la planète et retourne sur Terre afin de ramener les échantillons pour les analyser.

#### **Équipage avec prélèvements**

Un équipage (astronautes) se pose à la surface et réalise lui-même des prélèvements avant de repartir et analyser tout cela sur Terre.

#### **Remarque importante :**

Ces étapes ne sont pas toujours réalisables avec nos techniques actuelles pour toutes les planètes de notre système solaire. Effectivement, il est impossible de se poser sur une planète gazeuse, ne possédant pas de sol.

De plus, le coût nécessaire aux différentes missions ralentit souvent les choses, sans compter du temps de conception des divers engins nécessaires (sondes, satellites, robots, fusées, ...).

Pour ces diverses raisons, seule la Lune, astre le plus proche de nous, a permis la réalisation des 5 étapes. Nous espérons pouvoir faire de même avec Mars dans un avenir plus ou moins proche.

## L'exploration de la Lune

À 380 000 km de nous, la Lune est l'astre le plus proche de la Terre et le plus familier. (C'est d'ailleurs le seul satellite – naturel- de la Terre). Elle a donc logiquement été notre première cible.

Mais son exploration s'est déroulée dans un climat particulier, celui de la guerre froide qui opposait depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale l'URSS (anciennement la Russie) aux Etats-Unis. Bien plus qu'une course scientifique et technologique, la conquête de la Lune était surtout une question politique et de prestige entre les deux superpuissances de l'époque.

Alors que les Soviétiques sont en tête avec leur programme « **Luna 1 et 2** », c'est en 1961 que les USA, avec l'appui de leur président JFK, vont faire basculer la bataille. C'est alors le début du célèbre programme « **Apollo** ». Ainsi, le 20 juillet 1969, Neil Amstrong, le commandant de la mission Apollo 11, est le premier homme à fouler le sol lunaire.

En tout, **7 missions se succéderont jusqu'en décembre 1972**. Elles permettront de rapporter sur Terre plus de 380 kg de roches, encore étudiées aujourd'hui afin de comprendre comment s'est formée la Lune. Divers instruments seront également installés à la surface, pour mesurer la composition du sol, sa faible atmosphère, son champ magnétique, son activité sismique.

Durant les décennies qui suivront, les scientifiques vont se tourner vers d'autres planètes et mêmes chercher au-delà de notre système solaire tout un tas de réponses à nos nombreuses questions à propos de l'Univers.

À l'aube du XXI<sup>ème</sup> siècle, les recherches autour de la Lune vont reprendre de plus belle grâce à d'autres pays émergents dans le domaine spatial ; la Chine et l'Inde notamment. Ces pays ont toujours cet objectif symbolique à atteindre vis-à-vis de la Lune.

En 2007, **la Chine envoie une première sonde** (Chang'e 1), puis en 2013, un rover (Yutu) sera chargé de photographier et d'analyser le sol. En 2019, Chang'e 4 est le premier engin à se poser sur la face cachée de la Lune. Le premier astronaute chinois sur la Lune est prévu pour 2036.

Cet intérêt de la Chine pour la Lune a réveillé l'ensemble des puissances spatiales : Europe, Japon, USA ont désormais de nouvelles ambitions pour notre satellite naturel. Mais pourquoi ? Tout simplement parce que la Lune ne manque pas de ressources !

En effet, on y trouve pas moins **de 17 métaux dits de « terre rare »** (néodyme, gadolinium, scandium, yttrium, etc. Leurs gisements sont limités sur Terre, et leur exploitation est particulièrement compliquée et polluante. Pourtant, ils sont

indispensables dans bon nombre de domaines technologiques, notamment l'électronique.

La Lune est également riche en hélium-3, un atome très léger. Or, on peut tirer beaucoup d'énergie de cet atome en le faisant fusionner avec d'autres. Selon les estimations, 25 tonnes d'hélium-3 suffiraient à approvisionner les Etats-Unis en énergie électrique pendant 1 an ! Attention cela dit, ces ressources restent très hypothétiques pour l'instant, car les exploiter reviendrait beaucoup trop cher.

Enfin, il y a bel et bien **de l'eau sur la Lune**. Hergé avait donc vu juste en faisant dérapier le capitaine Haddock sur une plaque de glace. En 2009, la sonde indienne « Chandrayaan-1 » a inspecté une série de cratères situés près du pôle Sud lunaire, dont le fond n'est jamais éclairé par le Soleil. La sonde y a découvert de la glace, soit une quantité d'eau estimée à 600 000 000 de tonnes. Cette eau rendrait bien des services. Elle permettrait d'alimenter une base habitée en permanence. De l'eau pour boire, mais aussi pour fabriquer du dioxygène nécessaire à la respiration, et du dihydrogène qui, combiné au dioxygène, ferait un combustible très efficace pour des fusées.

Texte fortement inspiré de Fabrice Nicot, in *Pourquoi la conquête spatiale ?*, coll. POCQQ, éd. Du ricochet, France, 2021.

## L'exploration de Mars

L'exploration de Mars a été une priorité pour de nombreuses agences spatiales à travers le monde, en raison de son potentiel pour révéler des informations sur l'histoire du système solaire et la possibilité de vie extraterrestre.

**Mariner 4**, en 1964 est la première mission réussie à survoler Mars et à envoyer des images de la surface martienne.

**Viking 1 et Viking 2**, en 1975 sont les premières sondes à atterrir sur Mars et à envoyer des images et des données sur l'atmosphère et la géologie martienne.

**Mars Pathfinder**, en 1996, a permis de grandes découvertes grâce à Sojourner, le premier rover à se déplacer sur la surface de Mars.

Avec **Spirit et Opportunity**, en 2003, nous avons pu découvrir des preuves qu'il y a eu de l'eau sur Mars. Ensuite, Curiosity en 2011 a exploré le cratère Gale et découvert des preuves de conditions habitables dans le passé de Mars. Il est toujours opérationnel à l'heure actuelle.

**La mission Perseverance** (depuis 2020) : c'est un rover qui explore et collecte des échantillons pour une éventuelle mission de retour d'échantillons.

Au-delà des missions et rovers déjà présents, il y a également des projets de colonisation de Mars.

On peut citer SpaceX et Elon Musk, qui a développé le vaisseau Starship pour transporter des humains et des cargaisons vers Mars. L'objectif est d'établir une colonie martienne autonome. Elon Musk a exprimé le souhait d'envoyer les premiers humains sur Mars d'ici quelques années.

**La NASA** a également des projets... Bien que le **programme Artemis** se concentre sur la Lune, la NASA utilise cette expérience pour préparer des missions humaines vers Mars, avec des objectifs potentiels pour les années 2030. Elle étudie également divers concepts d'habitats qui pourraient protéger les colons martiens des radiations et des conditions hostiles.

Quant à l'**ESA**, avec la collaboration de **Roscosmos**, elle travaille sur des missions qui pourraient préparer le terrain pour une future présence humaine, **ExoMars** par exemple.

**La Mars Society** travaille sur un plan détaillé pour envoyer des missions humaines sur Mars à moindre coût en utilisant des technologies existantes et en minimisant les étapes intermédiaires.

Mais avant d'y arriver, il faut relever différents défis comme les problèmes liés à la radiation à la disponibilité des ressources, mais également au transport extrêmement long et la gestion de la santé physique et psychologique des colons.

#### **En conclusion**

L'exploration de Mars a considérablement progressé grâce à des missions robotiques et des études approfondies. La colonisation de Mars reste un objectif ambitieux mais faisable, avec de nombreux défis techniques et humains à surmonter. Les prochaines décennies verront probablement des avancées significatives, rapprochant l'humanité de la possibilité de vivre et de travailler sur une autre planète.

➔ **À réserver : Conférence de la Mars Society Belgium, le dimanche 06 octobre 2024.**

➔ **À réserver : Journée martienne de la Mars Society Belgium, avec Sarah Baatout, le dimanche 09 février 2025.**

La colonisation spatiale est en cours de développement avec des objectifs ambitieux pour les prochaines décennies. Les missions lunaires et martiennes sont les principales cibles actuelles, soutenues par des innovations technologiques et une collaboration croissante entre les secteurs public et privé. Bien que des défis significatifs restent à surmonter, les progrès réalisés jusqu'à présent sont prometteurs pour l'avenir de l'humanité dans l'espace.

## 6. Découvrir l'Univers

➔ **À réserver : conférence d'Arnaud Stiepen, vulgarisateur sur Vedia et professeur à l'ULiège. « Le télescope Einstein : mieux comprendre le Big Bang » le jeudi 20 mars 2025.**

### 6.1. Les distances et unités de mesure

➔ **Vidéo youtube de ScienceEtonnante : Comment mesurer l'Univers.**  
<https://www.youtube.com/watch?v=FGwmAEMabm4>

L'étude de l'Univers implique des distances si vastes qu'elles nécessitent l'utilisation de plusieurs unités de mesure spéciales. Voici quelques-unes des unités les plus courantes, expliquées et classées du plus petit au plus grand :

#### **Unité astronomique (UA)**

L'unité astronomique représente la distance moyenne entre la Terre et le Soleil, environ 149,6 millions de kilomètres. Elle est couramment utilisée pour mesurer les distances à l'intérieur de notre système solaire.

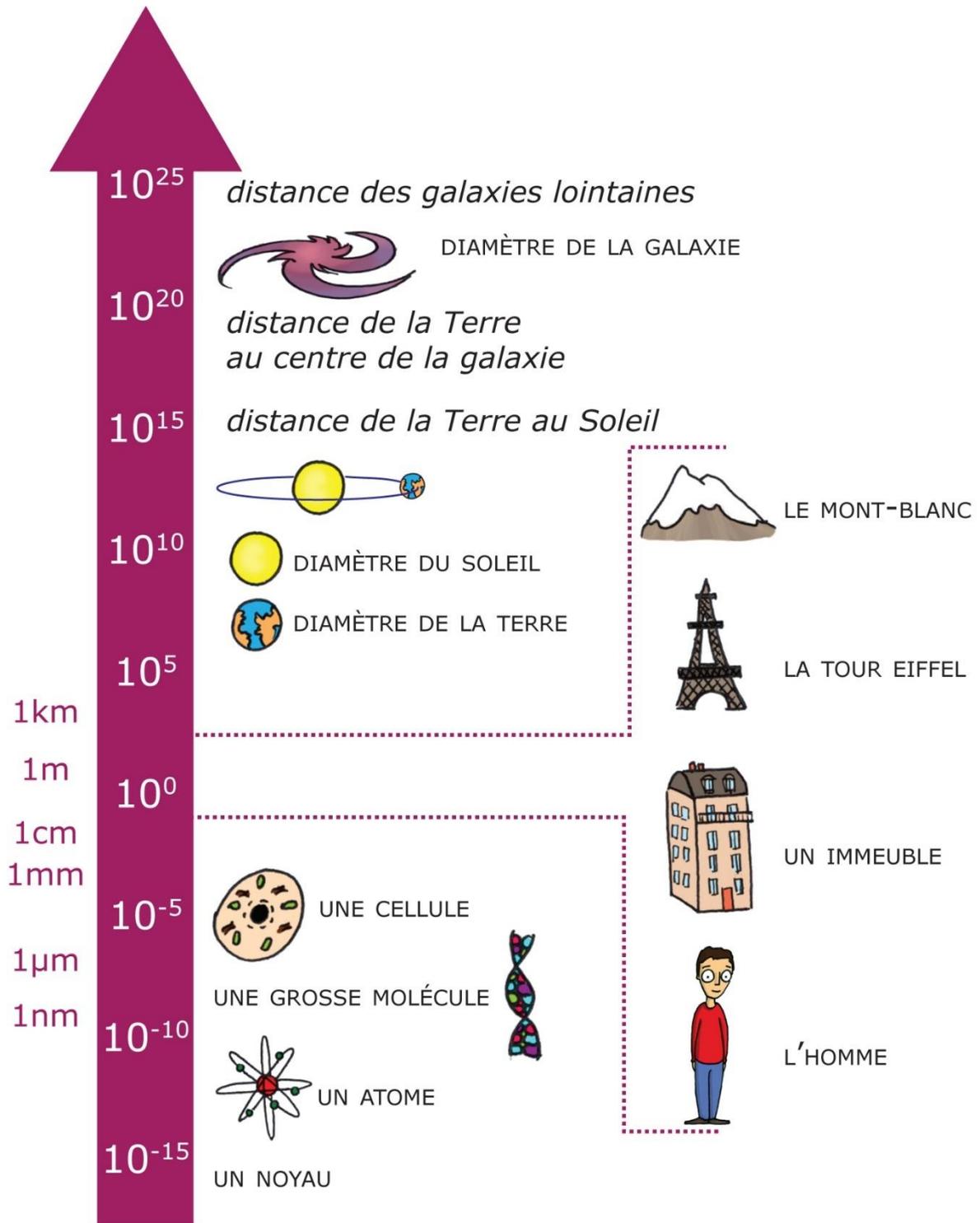
#### **Année-lumière**

Une année-lumière est la distance que la lumière parcourt en un an dans le vide, environ 9,46 trillions de kilomètres. C'est une unité pratique pour mesurer les distances entre les étoiles et les galaxies.

#### **Parsec (pc)**

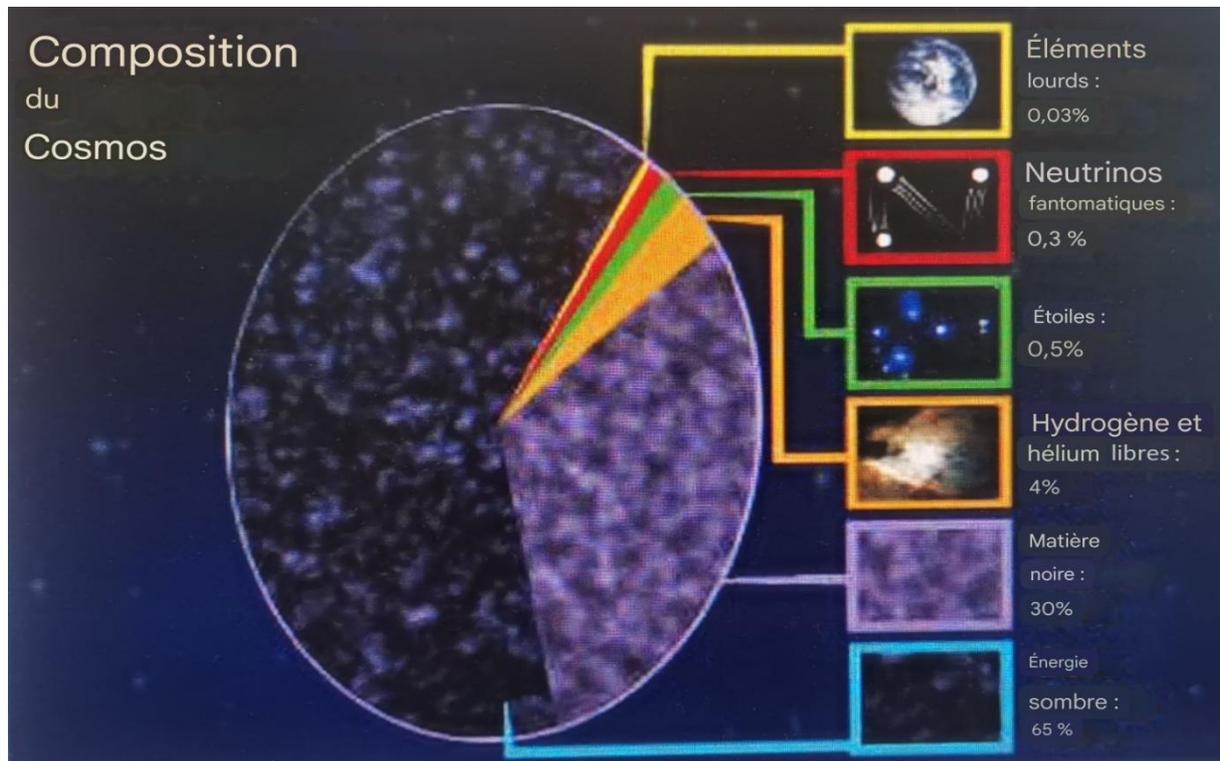
Le parsec est une unité de mesure utilisée en astronomie pour les distances extragalactiques. Un parsec équivaut à environ 3,26 années-lumière, ou environ 30,9 trillions de kilomètres. Il est défini comme la distance à laquelle une étoile aurait une parallaxe annuelle d'une seconde d'arc (1/3600 de degré). La parallaxe est l'impact d'un changement d'incidence d'observation, c'est-à-dire du changement de position de l'observateur, sur l'observation d'un objet. En d'autres termes, la parallaxe est l'effet du changement de position de l'observateur sur ce qu'il perçoit.

**Ces unités permettent aux scientifiques de quantifier, de comparer et d'explorer l'Univers de manière plus pratique et plus précise en tenant compte de son immensité.**



## 6.2. Le vide et la matière (composition de l'Univers)

Si nous voulions apporter une définition de l'Univers, nous pourrions la résumer en un seul mot : Tout. Tout ce que l'on voit, entend, connaît mais aussi tout ce que l'on ne connaît pas encore. Nous pouvons aussi l'appeler l'espace, l'infini ou encore le cosmos.



Ce diagramme montre les ingrédients qui composent l'Univers. Les astronomes savent désormais que l'ingrédient principal de l'Univers est « l'énergie noire », une forme mystérieuse d'énergie qui existe entre les galaxies. Le deuxième constituant le plus important est la matière noire. C'est une forme inconnue de la matière. Le reste de l'Univers est constitué de matière ordinaire ou commune. La majeure partie est enfermée dans des étoiles et des nuages de gaz. Une infime fraction de cette matière est composée d'éléments plus lourds, dont sont constitués les humains et les planètes.

D'après le laboratoire du **CERN** (Centre Européen de Recherche Nucléaire), nous pouvons découper l'Univers comme suit :

**70% d'énergie noire**

**26% de matière noire**

**4 % de matière commune**

### **L'énergie noire (ou énergie sombre)**

C'est l'énergie associée au vide qui compose majoritairement l'Univers. Elle est, d'après les chercheurs du CERN, répartie uniformément dans tous les confins de l'Univers, aussi bien dans l'espace que dans le temps. Ce fait implique donc qu'elle n'applique aucune force gravitationnelle à aucun objet se situant dans le cosmos. N'attirant pas les objets à elle, elle serait alors responsable de l'expansion de l'Univers grâce à une force répulsive. Celle-ci ferait s'éloigner les objets spatiaux entre eux, tout en continuant d'agrandir l'espace dans lequel ils évoluent. C'est ce qui expliquerait donc que, dans l'immense majorité, chaque galaxie a tendance à s'éloigner de ses voisines.

→ **Le youtubeur ScienceClic résume parfaitement cette notion dans cette vidéo :** <https://www.youtube.com/watch?v=VE0dyCLTLcQ>

### **La matière noire (ou matière sombre)**

On ne sait pas encore grand-chose sur la matière noire et elle n'a pas encore été officiellement prouvée. Elle ne réfléchit pas la lumière d'où sa qualification de noire ou sombre, puisqu'il est impossible de la voir. Les scientifiques ont déduit son existence de la force gravitationnelle qu'elle exercerait sur la matière dite commune ou visible. Par rapport à cette dernière, sa masse serait jusqu'à six fois plus élevées. Sa composition exacte n'est pas non plus connue et est sujette à beaucoup d'hypothèses que les chercheurs travaillant au Grand collisionneur de hadrons du CERN tenteront de vérifier.

→ **Voici une autre vidéo de ScienceClic pour vous aider à y voir plus clair sur la matière noire :** <https://www.youtube.com/watch?v=0X4e2OSzHTA>

→ **Vidéo de ScienceEtonnante à propos des lois de la gravité :**  
[https://www.youtube.com/watch?v=M5X\\_ljxm2bw](https://www.youtube.com/watch?v=M5X_ljxm2bw)

### **La matière commune**

Cette notion est beaucoup plus facile à appréhender puisqu'elle concerne tout ce qui peut être vu. Ainsi, la matière commune englobe tous les éléments de l'Univers visibles : galaxies, étoiles, trous noirs, planètes ainsi que tout ce que l'on retrouve dessus, etc.

[https://www.maxisciences.com/sciences/astrophysique/composition-Univers\\_art47361.html](https://www.maxisciences.com/sciences/astrophysique/composition-Univers_art47361.html)

## **6.3. L'organisation de l'Univers**

Pour comprendre l'organisation de l'Univers, on peut le diviser en plusieurs niveaux, du plus petit au plus grand. Voici comment ils s'organisent et s'englobent mutuellement :

## Les objets stellaires

**Planètes et leurs lunes :** Les planètes sont des corps célestes qui orbitent autour des étoiles, comme la Terre autour du Soleil. Beaucoup de planètes ont aussi leurs propres lunes, qui les orbitent.

**Systèmes solaires :** Un système solaire comprend une étoile, comme notre Soleil, et tous les objets qui gravitent autour d'elle, y compris les planètes, les lunes, les astéroïdes, et les comètes.

**Étoiles et amas stellaires :** Les étoiles peuvent exister seules ou faire partie d'amas stellaires, qui sont des groupes d'étoiles liées gravitationnellement. Ces amas peuvent contenir de quelques étoiles à des milliers.

**Galaxies :** Une galaxie est un immense ensemble d'étoiles, de gaz, de poussières, et de matière noire, contenant souvent des milliards d'étoiles et s'étendant sur des milliers d'années-lumière. Notre galaxie, la Voie Lactée, inclut notre système solaire.

**Amas de galaxies :** Les galaxies sont également regroupées en amas, qui sont des collections de plusieurs galaxies. Un amas de galaxies peut contenir de quelques dizaines à des milliers de galaxies.

**Superamas de galaxies :** Les amas de galaxies se regroupent encore plus largement en superamas. Un superamas est un ensemble d'amas de galaxies liés gravitationnellement et peut s'étendre sur des centaines de millions d'années-lumière.

**Réseau cosmique :** À la plus grande échelle, le réseau cosmique comprend des superamas de galaxies, des amas de galaxies, des filaments de galaxies, et des vides intergalactiques, formant une structure en toile complexe à l'échelle de l'Univers.

**L'Univers observable :** C'est la partie de l'Univers que nous pouvons voir et étudier, limitée par la vitesse de la lumière et l'âge de l'Univers. Il englobe tout ce qui a été mentionné précédemment.

Chaque niveau supérieur englobe tous les niveaux inférieurs, formant une structure complexe et interconnectée. Les échelles vont des objets individuels comme les planètes jusqu'à l'immensité de l'Univers observable.

L'Univers observable représente la partie de l'Univers que nous pouvons observer et étudier à partir de la Terre avec les moyens actuels. Sa limite est définie par la distance que la lumière a pu parcourir depuis le Big Bang, il y a environ 13,8 milliards d'années. Cela signifie que l'Univers observable s'étend sur un rayon d'environ 46 milliards d'années-lumière autour de nous, car l'Univers s'est également étendu depuis le Big Bang.

**L'Univers non observable** est, quant à lui, la partie de l'Univers qui est au-delà de notre horizon cosmique. Nous ne pouvons pas obtenir d'informations sur ces régions car la lumière en provenance de ces zones n'a pas eu le temps d'atteindre la Terre depuis le Big Bang en raison de l'expansion de l'Univers.

L'expansion de l'Univers, est quant à lui le phénomène par lequel l'Univers s'étend, faisant que les galaxies s'éloignent les unes des autres.

Dans l'Univers non observable, les objets sont si éloignés que leur lumière n'arrivera jamais jusqu'à nous à cause de l'expansion continue de l'Univers. Cela crée une frontière entre ce que nous pouvons observer et ce qui restera toujours hors de portée, indépendamment des avancées technologiques.

Pour mieux comprendre cette notion cruciale, nous pouvons voir les choses ainsi :

Imagine que l'Univers est comme un énorme ballon avec des points dessus, qui représentent les galaxies. Quand le ballon est petit, les points sont très proches les uns des autres. Mais si quelqu'un commence à gonfler le ballon, tu verras que les points commencent à s'éloigner les uns des autres à mesure que le ballon devient plus grand.

**L'expansion de l'Univers**, c'est un peu comme ça. Il y a très longtemps, tout dans l'Univers était très proche, et puis, soudainement, quelque chose comme une grosse explosion appelée le "**Big Bang**" a commencé à tout pousser vers l'extérieur. Depuis ce moment, l'Univers continue de s'étendre, comme le ballon qui continue de gonfler. Cela signifie que toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres.

Ce n'est pas que les galaxies se déplacent vraiment rapidement elles-mêmes ; c'est plutôt l'espace entre elles qui grandit. Et plus l'Univers devient grand, plus cet espace grandit vite, un peu comme un ballon qui se gonfle de plus en plus vite.

Donc, quand tu regardes le ciel étoilé la nuit, tu peux imaginer que l'Univers est comme un grand espace qui continue de grandir, emportant les étoiles et les galaxies avec lui !

Un autre élément primordial dans la constitution et le fonctionnement de l'Univers : Les ondes.

**Les ondes dans l'Univers se réfèrent généralement aux ondes électromagnétiques et aux ondes gravitationnelles.** Ces deux types d'ondes jouent des rôles cruciaux dans la compréhension et le fonctionnement de l'Univers.

### Ondes électromagnétiques

Ce sont des ondes produites par le mouvement des charges électriques. Elles se propagent à travers le vide de l'espace à la vitesse de la lumière et incluent un large spectre : les rayons gamma, les rayons X, la lumière ultraviolette, la lumière visible, les infrarouges, les micro-ondes et les ondes radio. Ces ondes nous permettent de voir l'Univers et sont utilisées pour communiquer entre les sondes spatiales et la Terre. Elles transportent de l'énergie, de l'information et peuvent influencer la matière à grande échelle.

Par exemple, la lumière du soleil, qui est une onde électromagnétique, fournit l'énergie nécessaire à la vie sur Terre et influence les climats et les saisons.

### Ondes gravitationnelles

Prédites par Albert Einstein dans sa théorie de la relativité générale et observées pour la première fois directement en 2015, les ondes gravitationnelles sont des ondulations dans la structure de l'espace-temps causées par certains mouvements de masses très lourdes, comme les étoiles à neutrons ou les trous noirs en collision. Elles se propagent à travers l'Univers à la vitesse de la lumière.

Par exemple, les ondes gravitationnelles portent des informations sur leurs origines astrophysiques ainsi que sur la nature de la gravité elle-même. Elles nous permettent de détecter et d'étudier des phénomènes astronomiques extrêmes qui seraient autrement invisibles, comme les fusions de trous noirs.

Ces ondes affectent donc l'Univers de plusieurs façons. Les ondes électromagnétiques, en transportant de l'énergie à travers l'espace, jouent un rôle vital dans les processus comme la photosynthèse et le climat sur Terre. Les ondes gravitationnelles, en révélant des informations sur les événements violents de l'Univers, aident les scientifiques à comprendre la structure et l'évolution de l'Univers.

Ainsi, en observant ces différentes ondes, les scientifiques peuvent recueillir des informations cruciales sur la composition, l'état et les processus de divers objets célestes, contribuant ainsi à notre compréhension globale de l'Univers.

## 6.4. L'histoire de l'Univers

### Carl Sagan et le calendrier cosmique

Le calendrier cosmique est un calendrier inventé par l'astronome américain Carl Sagan afin de ramener à l'échelle humaine l'histoire de l'Univers, du Big Bang à aujourd'hui.

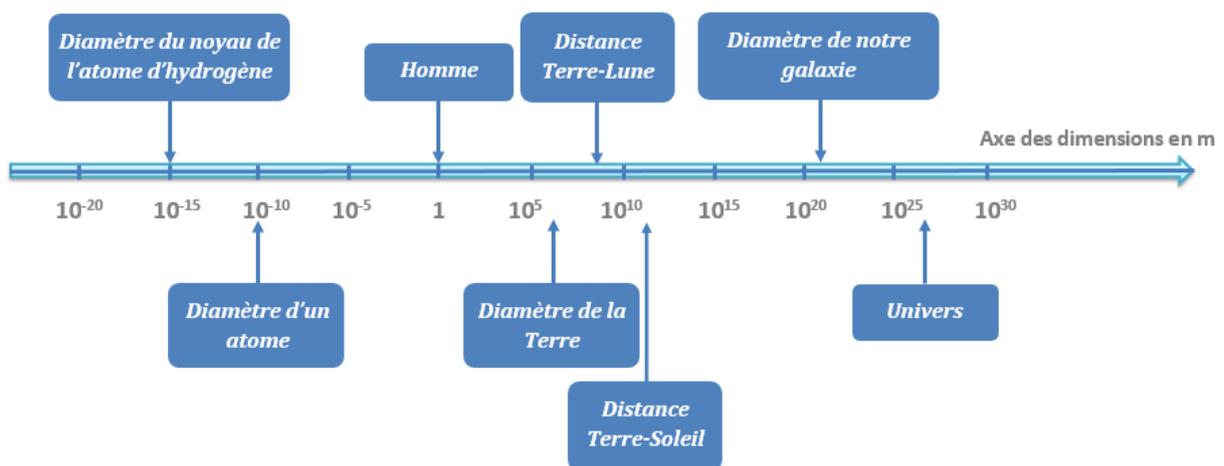
Effectivement, pour la compréhension humaine, les durées sont tellement gigantesques que nous avons du mal à nous faire une représentation concrète et palpable de l'âge de l'Univers.

Ainsi, il place la naissance de l'Univers (le Big Bang) à la première seconde du premier janvier et à la dernière seconde du 31 décembre, le jour actuel.

Carl Sagan y place également quelques événements clés, connus du grand public, afin d'encre mieux appréhender ces durées colossales.

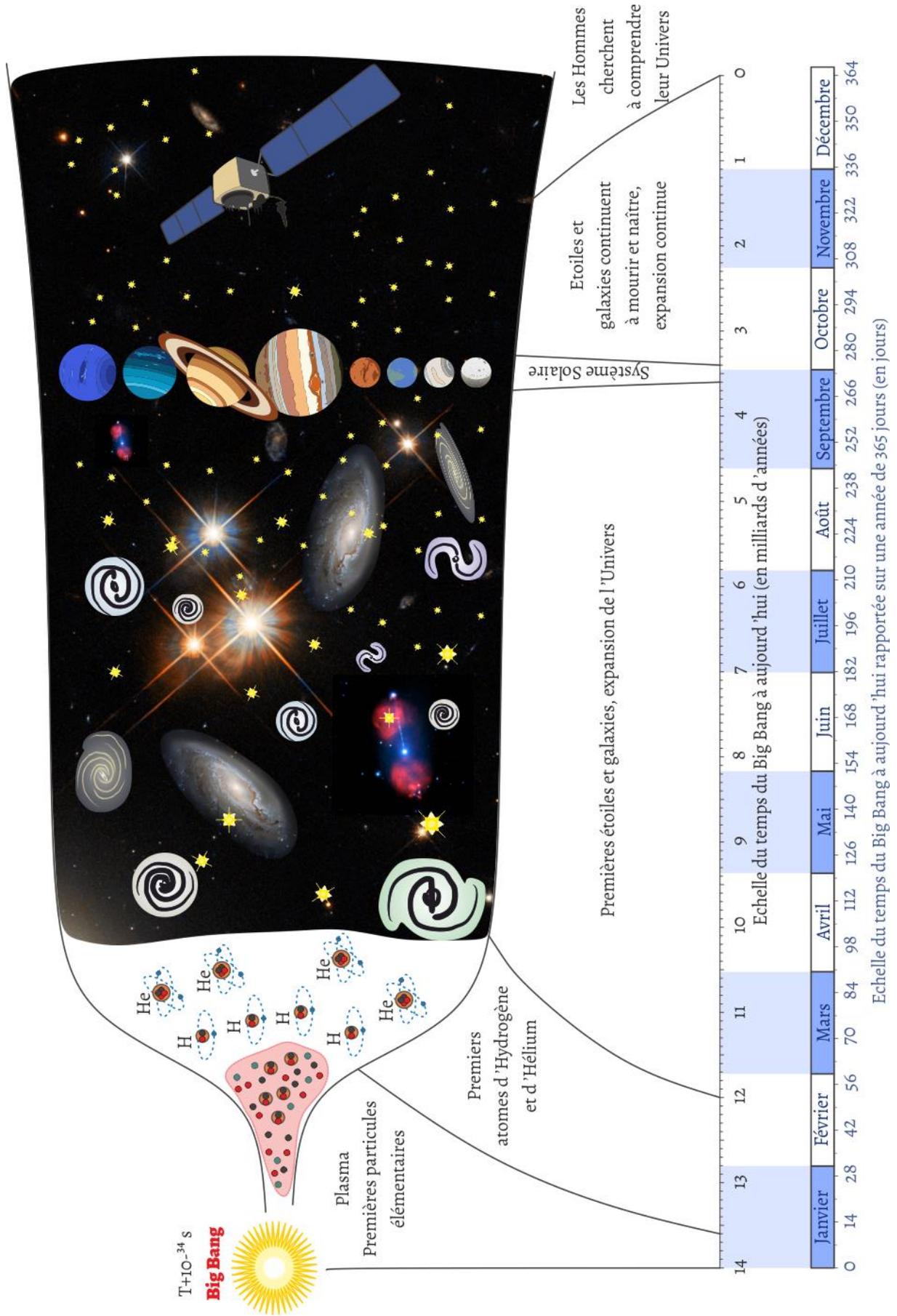
Afin d'être toujours plus lisible, nous avons adapté le dernier jour, la dernière heure et la dernière minute de ce 31 décembre en zoomant encore plus.

« Voir loin, c'est voir dans le passé. »



On remarque que l'homme fait la liaison entre l'infiniment petit et l'infiniment grand.

De façon synthétique, nous pouvons schématiser l'Histoire de l'Univers de la façon suivante :



## Le cycle de vie d'une étoile

Les étoiles sont essentielles à la vie telle que nous la connaissons, car dans leur cycle de vie et de mort elles forment les composants chimiques de la Terre. Ces composants chimiques sont essentiels à la vie telle que nous la connaissons sur Terre.

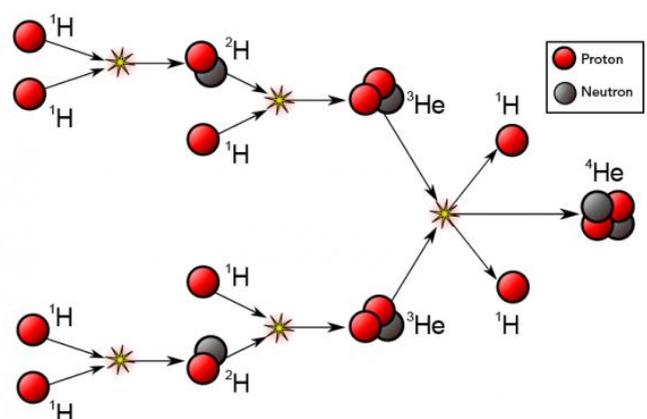
L'Univers primitif contenait seulement les éléments chimiques suivants : de l'hydrogène, de l'hélium ainsi que de petites quantités de lithium et de béryllium. Durant leur cycle de vie, les étoiles créent les éléments de faibles masses atomiques. Il s'agit des 26 premiers éléments du tableau périodique jusqu'au fer inclusivement. Pour la plupart, quand les étoiles meurent, ces éléments légers se dispersent à travers l'Univers, incluant vers des planètes comme la Terre.

Au début de l'histoire de l'Univers, avant qu'apparaissent les étoiles et les planètes, de gigantesques nuages d'hydrogène et d'hélium ont commencé à se former. Lentement, ces nuages ont acquis une masse suffisante pour que leur propre gravité entre en action. Ceci a produit des boules de gaz extrêmement denses. En d'autres termes, ils ont formé des étoiles.

Lorsqu'une nouvelle étoile se forme, son noyau est exposé à des **forces gravitationnelles** très grandes. Cette force est si élevée que l'étoile risque de s'effondrer sur elle-même. Heureusement, la **fusion nucléaire** fournit l'énergie dont l'étoile a besoin pour résister à l'effondrement de son noyau. La fusion nucléaire est un processus par lequel les noyaux de deux éléments ou plus se combinent pour former les noyaux d'éléments plus lourds. La fusion nucléaire libère également de l'énergie.

Dans le cœur d'une étoile nouvellement née, les noyaux d'hydrogène commencent à fusionner pour former de l'hélium. Éventuellement, la force de la gravité vers l'intérieur et la force de la fusion nucléaire vers l'extérieur finissent par s'équilibrer. Pendant un certain temps, la fusion de l'hydrogène empêche l'effondrement de l'étoile.

La fusion nucléaire illustrant la fusion des protons et des neutrons pour former de l'hélium (Parlons sciences basée sur une image de Borb [CC BY-SA 3.0] via [Wikimedia Commons](#)).

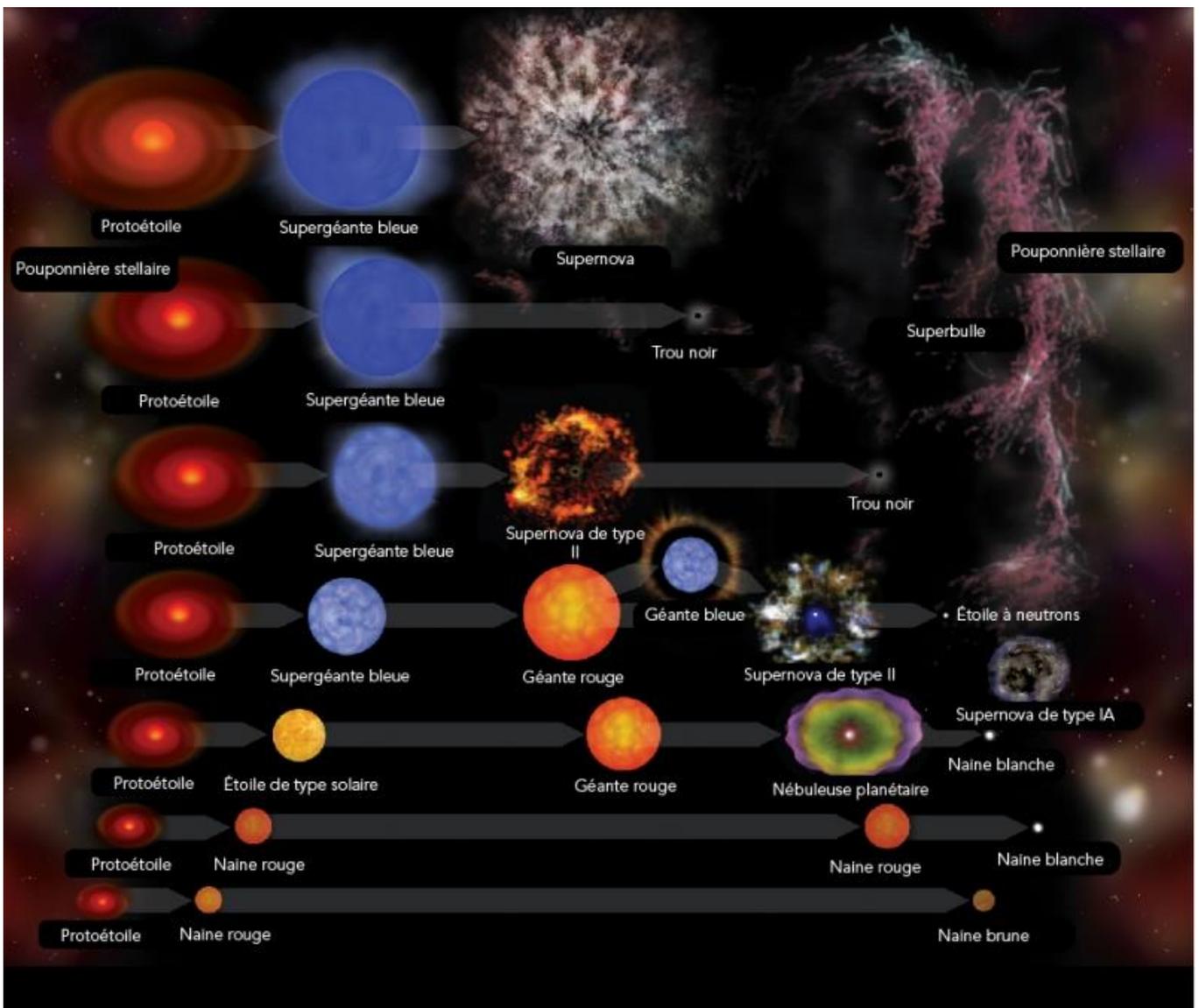


Lorsque la jeune étoile a épuisé

l'hydrogène, son noyau recommence à s'effondrer. Les forces extrêmes qui s'exercent sur le noyau entraînent son réchauffement. Bientôt, le noyau est suffisamment chaud pour que s'amorce la fusion de l'hélium qui se transforme en carbone et en oxygène.

Encore une fois, la fusion nucléaire pousse contre la gravité pour empêcher l'effondrement de l'étoile. L'étoile fusionne chaque nouvel élément l'un après l'autre. Ceci produit successivement des éléments ayant de faibles masses atomiques comme le carbone, l'oxygène et le néon. Non seulement la fusion nucléaire empêche l'effondrement des étoiles, mais elle a permis aux premières étoiles de l'Univers de créer de nouveaux éléments qui n'existaient pas auparavant. Selon leur taille, les étoiles peuvent créer des éléments par fusion, jusqu'au fer, qui porte le numéro atomique 26.

Cependant, le tableau périodique compte 118 éléments. Alors, d'où proviennent tous les éléments ayant un numéro atomique supérieur à celui du fer ? De la mort des étoiles.



La naissance, la vie et la mort d'étoiles de différentes tailles (Source: Illustration par JPLPublic publiée via [NASA/JPL-Caltech](https://www.nasa.gov/jpl-caltech) ).

Même si les étoiles ne sont pas des choses vivantes, elles ont des « cycles de vie », et à une certaine étape, on dit qu'elles « meurent ». Comment une étoile vit et meurt dépend de sa taille.

Les plus petites étoiles, les **naines brunes**, sont trop grandes pour être considérées comme des planètes, mais trop petites pour être considérées comme des étoiles. Elles ne peuvent soutenir la fusion de l'hydrogène à cause de leur faible masse, et sont souvent appelées « étoiles ratées (ou avortées) ». Les petites **naines rouges** à consommation lente ont une très longue durée de vie. Elles peuvent survivre de 1 à 10 billions d'années ! Les scientifiques croient que lorsque les naines rouges finissent par s'effondrer, elles deviennent des **naines blanches**. Ce sont des étoiles très denses qui ne brûlent plus de combustible. Les scientifiques croient aussi que, éventuellement, les naines blanches dans l'Univers se refroidiront et deviendront des **naines noires**.

La couleur d'une étoile est déterminée d'après sa température. Les étoiles les plus froides apparaissent de couleur rouge, alors que les étoiles les plus chaudes apparaissent de couleur bleue.

Lorsque les étoiles de taille moyenne, comme le Soleil, ont épuisé l'hydrogène, leurs noyaux se contractent et se réchauffent. Les couches gazeuses externes prennent de l'expansion et les étoiles deviennent des géantes rouges. Éventuellement, quand le noyau d'une géante rouge s'est refroidi, les gaz restants flottent dans l'espace, pour former une nébuleuse planétaire. Au cœur de chaque nébuleuse planétaire se trouve une naine blanche.

Quand le Soleil deviendra une **géante rouge**, il sera si énorme qu'il avalera Mercure, Vénus et possiblement la Terre avant de former une **nébuleuse planétaire**.

Les étoiles les plus volumineuses deviennent d'abord des supergéantes bleues avant de mourir de façon dramatique. En réalité, lors de leur effondrement, elles créent les plus grosses explosions dans l'Univers. Le nom donné à ces explosions est supernovas.

Une supernova est si brillante qu'elle peut surpasser une galaxie entière comportant 100 milliards d'étoiles !

L'explosion initiale d'une supernova génère tellement d'énergie qu'elle peut fissionner les noyaux des atomes, projetant des protons et des neutrons à travers l'Univers. Dans les moments qui suivent l'explosion, ces particules entrent en collision les unes avec les autres avec suffisamment d'énergie pour refusionner ensemble. Les éléments légers continuent de percuter ainsi des protons et des neutrons, grossissant toujours de plus en plus. Ce processus, qui est similaire à la fusion nucléaire, est appelé **nucléosynthèse**. La nucléosynthèse qui se produit durant l'explosion d'une supernova génère des éléments dont le numéro atomique est supérieur à celui du fer, qui ne peuvent être créés par la fusion nucléaire. Lorsque les premières étoiles sont mortes de cette manière, des éléments entièrement nouveaux, incluant l'or, ont été formés. Éventuellement, ces éléments se sont retrouvés ici sur la Terre.

Après l'explosion d'une supernova, le noyau qui reste devient une **étoile à neutrons**. Il s'agit d'un type d'étoiles extrêmement petites et denses. Pour ce qui est des étoiles les

plus grosses d'entre toutes, le noyau restant est si massif et subit une force gravitationnelle si forte que même la lumière ne peut s'en échapper. On les appelle des **trous noirs stellaires**.

Peu importe comment meurt une étoile, son cycle de vie peut transformer l'Univers. En l'absence d'étoiles, l'Univers ne contiendrait rien d'autres que des nuages d'hydrogène et d'hélium. Ce sont la vie et la mort des étoiles qui sont à l'origine des éléments qui composent tout ce que tu vois sur la Terre !

<https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-expliquees/la-vie-et-la-mort-des-etoiles>

## Les trous noirs

Un trou noir est invisible, extrêmement compact et rien ne peut en sortir. Les trous noirs sont parmi les objets les plus fascinants et imprévisibles de l'Univers.

Mais, qu'est-ce qu'un trou noir exactement ?

Même si son nom pourrait le laisser supposer, un trou noir n'est pas un endroit de l'espace vide. Au contraire, un trou noir est une région de l'espace où s'accumule une très grande quantité de matière. Pour se représenter un trou noir, on peut, par exemple, imaginer la masse d'une étoile, 10 fois plus massive que notre propre Soleil, contenue dans une sphère faisant le diamètre de la ville de New York, indique la Nasa.

Un trou noir possède un champ gravitationnel si intense qu'aucune matière qui y pénètre ne peut plus en ressortir, y compris la lumière (cfr le phénomène de spaghettification). C'est pourquoi les trous noirs sont des objets optiquement invisibles. Par contre, il est possible de détecter la matière happée par un trou noir, car elle est chauffée à de très hautes températures. Cette matière forme un disque d'accrétion, qui ressemble à un halo lumineux.

Le **Télescope souterrain Einstein** sera l'observatoire européen le plus avancé pour la détection des ondes gravitationnelles. Grâce à lui, les chercheurs pourront entendre les trous noirs entrer en collision et acquérir des connaissances sur les débuts de l'Univers. Les Pays-Bas, la Belgique et l'Allemagne étudient conjointement la possibilité d'accueillir cet observatoire de classe mondiale.

➔ **À réserver : conférence d'Arnaud Stiepen, vulgarisateur sur Vedia et professeur à l'ULiège. « Le télescope Einstein : mieux comprendre le Big Bang » le jeudi 20 mars 2025.**

## 6.5. Hubble et James Webb

Le télescope spatial Hubble et le télescope spatial James Webb sont deux observatoires spatiaux développés par la NASA, mais ils ont des conceptions et des objectifs complémentaires qui leur permettent d'étudier l'Univers de manières différentes.

### **Télescope spatial Hubble**

Lancé en 1990, Hubble est en orbite terrestre basse. Il opère principalement dans le spectre visible et ultraviolet proche, avec quelques capacités en infrarouge proche. Hubble est célèbre pour ses images détaillées de haute résolution qui ont révolutionné notre compréhension de l'Univers, comme les galaxies, les nébuleuses et les amas d'étoiles.

### **Télescope spatial James Webb (JWST)**

Lancé en décembre 2021, le JWST est situé au point de Lagrange L2, à environ 1,5 million de kilomètres de la Terre. Conçu principalement pour l'observation en infrarouge moyen et proche, ce qui lui permet de voir à travers les nuages de poussière cosmique et d'observer les objets célestes les plus froids et les plus éloignés.

Le JWST est équipé d'un miroir beaucoup plus grand que celui de Hubble, ce qui lui confère une meilleure résolution et une sensibilité accrue.

### **Complémentarité**

- **Au niveau du spectre d'observation :**

Hubble excelle dans le spectre visible et ultraviolet, tandis que le JWST est optimisé pour l'infrarouge. Ensemble, ils couvrent un large spectre électromagnétique, offrant une vision plus complète des phénomènes cosmiques.

- **Au niveau des capacités de résolution :**

Le grand miroir du JWST lui permet de voir des détails plus fins dans l'Univers distant, y compris les premières galaxies qui se sont formées après le Big Bang.

Hubble, bien que moins sensible dans ces domaines, continue de fournir des images cruciales dans le spectre visible.

- **Au niveau des perspectives scientifiques :**

Hubble a déjà fourni des décennies de données qui aident à guider les observations de JWST. Les découvertes de Hubble dans l'Univers proche aident à contextualiser les observations plus profondes et plus anciennes de JWST.

En résumé, bien que Hubble et JWST aient des capacités différentes, ils travaillent de manière complémentaire pour fournir une compréhension plus riche et plus complète de l'Univers, de sa formation et de son évolution.

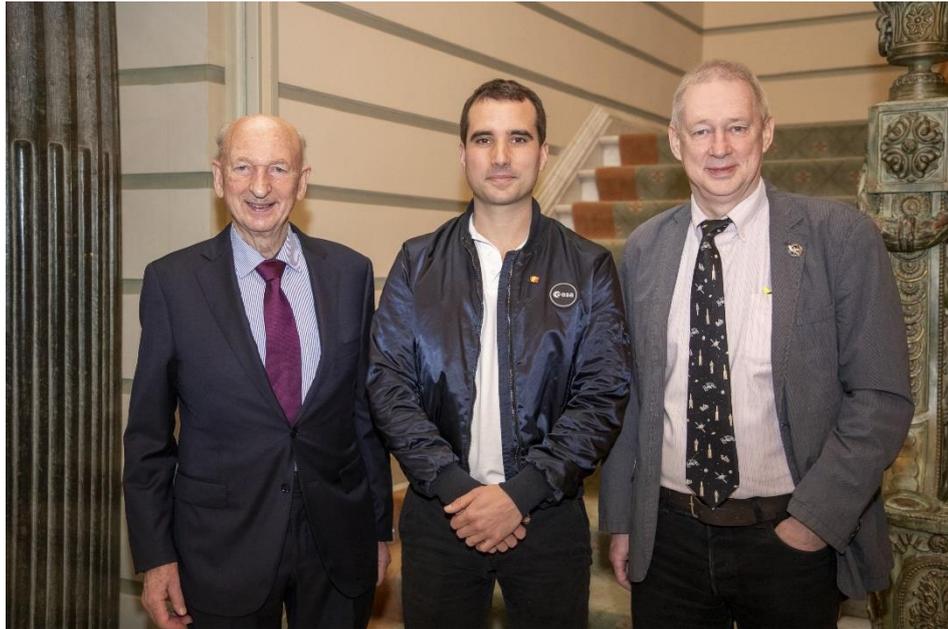


Les Piliers de la création dans la nébuleuse de l'Aigle, observés avec le télescope spatial Hubble dans la lumière visible (à gauche) et dans l'infrarouge (à droite). La lumière infrarouge permet aux scientifiques de pénétrer la poussière et d'observer des parties autrement invisibles de l'Univers. (Source : NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/AURA).)

## 7. Focus sur la Belgique dans le domaine spatial

### 7.1. Les 3 astronautes belges

L'étendue et la diversité des compétences belges en matière d'espace sont impressionnantes. Comment expliquer que la Belgique soit aussi performante dans des domaines hautement technologiques, pointus et complexes ?



En 2022, les trois astronautes belges ( Dirk Frimout, Raphaël Liégeois et Frank de Winne ) se rencontrent.

La Belgique peut aujourd'hui s'enorgueillir de compter trois astronautes, trois stars nationales. En 1992, Dirk Frimout est le premier à participer à une mission dans l'espace, suivi 10 ans plus tard par Frank De Winne qui comptera deux vols en 2002 et 2009. Aujourd'hui, le jeune Raphaël Liégeois est sélectionné parmi 22000 candidats et se prépare pour un vol futur programmé par l'ESA. Un exploit pour la Belgique !

- **Dirk Frimout**

Dirk Frimout a rejoint l'ESA en 1978. 13 ans plus tard, il devient Payload Specialist (Spécialiste de la charge utile) pour la mission **STS-45** à bord de la navette spatiale **Atlantis**. Il devient le premier Belge dans l'espace. Cette mission, qui a débuté le 24 mars 1992, avait pour objectif de mener des expériences scientifiques dans divers domaines, notamment l'astronomie, la météorologie et la physique des matériaux. Son voyage spatial a duré environ 9 jours.

L'équipage d'Atlantis a pu effectuer les 12 expériences de la cargaison ATLAS-1 (Atmospheric Laboratory for Applications and Science). ATLAS-1 a réalisé une large

palette de mesures détaillées portant sur les propriétés chimiques et physiques de l'atmosphère, apportant ainsi une contribution significative à l'amélioration de notre compréhension du climat et de l'atmosphère terrestre.

- **Frank De Winne**

En 2002, soit près de 10 ans après Dirk Frimout, il est devenu le deuxième astronaute belge à voyager dans l'espace. Du 30 octobre au 10 novembre 2002, Frank De Winne a participé à la mission **Odissea**, un vol d'assistance vers la Station Spatiale Internationale (ISS). Il a assumé le rôle d'ingénieur de vol à bord du vaisseau spatial **Soyouz TMA** lors du lancement, puis à bord d'un **Soyouz TM** lors de la rentrée. La principale mission de Frank De Winne était de remplacer le véhicule Soyouz TM-34 amarré à la Station spatiale par le nouveau Soyouz TMA-1. Il a également réalisé une vingtaine d'expériences dans les domaines des sciences de la vie, de la physique, ...

Entre le 27 mai et le 1<sup>er</sup> décembre 2009, il a participé à la mission **OasiSS**, un vol de longue durée à bord de la Station Spatiale Internationale. Pendant **l'Expédition 21**, Frank De Winne est devenu le premier commandant européen. Il a également occupé le poste d'ingénieur de vol à bord du **Soyouz TMA-15** et pendant **l'Expédition 20**. L'une de ses principales responsabilités au cours de cette mission était de manipuler le bras robotique de la station pour amarrer le premier véhicule cargo HTV du Japon.

- **Raphaël Liégeois**

Agé de 35 ans, Raphaël a effectué des études d'ingénierie biomédicale à l'Université de Liège. Il a ensuite obtenu un master en physique à l'Université de Paris. Pendant ses études à Paris, il a participé à une campagne de vols paraboliques avec l'agence spatiale française CNES pour tester des expériences de physique.

De 2011 à 2015, il a obtenu un doctorat en neurosciences à l'Université de Liège, où il a développé des modèles mathématiques du fonctionnement du cerveau. Depuis 2021, Raphaël travaille comme chercheur et enseignant dans deux écoles en Suisse.

Concrètement, Raphaël Liégeois a débuté sa formation d'astronaute début avril 2023, au Centre des astronautes européens de Cologne, en Allemagne dont le directeur est Frank De Winne. Il termine sa formation en mai 2024 et est déjà assigné pour un vol vers l'ISS.

L'Agence spatiale européenne (ESA) vient de le désigner pour une mission spatiale en 2026. Avec sa consœur Sophie Adenot, il est parti en formation à Houston.

➔ **Suivez l'actualité, nous allons entendre parler de Raphaël Liégeois dans les mois et années qui viennent !**

## 7.2. Les STE(A)M : la clé pour travailler dans le spatial

STE(A)M, kesako ?

Ce terme signifie en anglais les filières liées aux domaines de la Science, Technologie, Engineering (ingénierie), les Arts et les Mathématiques. Ces filières sont la clé pour travailler dans le domaine du spatial.

La Belgique joue un rôle essentiel au sein du paysage spatial européen, se positionnant fièrement en tant que cinquième contributeur mondial à l'Agence spatiale européenne (ESA). Au cours des dernières années, plus de 400 entités belges, comprenant des industries, des Universités et des centres de recherche, ont établi des partenariats avec l'ESA.

Le secteur spatial belge, englobant plus de 6 400 emplois à temps plein, ne se limite pas seulement à ses implications économiques. Il représente un pilier fondamental de notre économie, avec des retombées significatives pour la Belgique, en mettant particulièrement en lumière l'impact positif sur la Wallonie.

La Belgique affiche une politique spatiale ambitieuse, orchestrée sous l'égide de la Politique Scientifique (Belspo). Cette stratégie se concentre sur plusieurs objectifs cruciaux :

- **Valorisation des compétences scientifiques (les STE(A)M).**
- **Soutien aux équipes industrielles belges.**
- **Mise en avant des applications spatiales pour les pouvoirs publics et pour le citoyen.**

Concrètement, le secteur spatial belge repose sur plusieurs piliers essentiels qui contribuent à son dynamisme et à son impact significatif. Les domaines clés comprennent l'observation de la Terre, le développement de satellites et de parties de fusées, les télécommunications, et l'électronique pour l'alimentation des satellites.

Voici donc tout un panel de possibilités pour les jeunes désireux de s'orienter vers les filières STE(A)M.

## 7.3. Les entreprises et centres de recherche

Parmi les nombreuses entreprises, centres de recherche et institutions liées au domaine de l'aérospatiale, nous pouvons citer entre autres : **INSTITUT D'AÉRONOMIE SPATIALE (IASB)**, **SABCA (Société Anonyme Belge de Constructions Aéronautiques)**, **THALES ALENIA SPACE BELGIUM (Mont-sur-Marchienne, Leuven, Hasselt)**, **SONACA (Société Nationale de Construction Aérospatiale)**, **AEROSPACE LAB**, **CSL (Centre Spatial Liégeois)**, **SAFRAN**, **Centre D'études Nucléaires (CEN)**, **REDWIRE**, **l'ESA**

(Agence Spatiale Européenne), SKYWIN, pôle aérospatial wallon, Le parc d'activités GALAXIA actif dans l'innovation spatiale, et l'EURO SPACE SOCIETY.

## 7.4. Trappist-1 et Speculoos



La découverte du système TRAPPIST-1 est un événement marquant dans l'astronomie et elle a une connexion particulière avec la Belgique, car elle implique directement des astronomes belges et l'utilisation de la technologie développée en Belgique.

### Contexte de la découverte

**TRAPPIST-1** est un système stellaire situé à environ 40 années-lumière de la Terre, composé d'une étoile naine ultra-froide et de sept exoplanètes de taille terrestre. Cette découverte a été annoncée en 2016 et 2017 grâce aux observations de deux télescopes, initialement avec le télescope TRAPPIST (TRAnsiting Planets and PlanetesImals Small Telescope) situé à l'Observatoire de La Silla au Chili.

Le nom TRAPPIST est inspiré des moines trappistes, réputés pour leur bière en Belgique, soulignant l'origine belge du projet. Cela reflète un peu d'humour et de fierté nationale dans la communauté scientifique belge.

Le projet TRAPPIST est dirigé par Michaël Gillon, de l'Université de Liège en Belgique. L'équipe dirigée par Michaël Gillon a conçu et utilisé le télescope spécifiquement pour rechercher des exoplanètes autour des étoiles naines froides et proches. Cela montre l'expertise et l'innovation belges dans le domaine de l'astronomie.

La découverte de TRAPPIST-1 est significative pour plusieurs raisons :

**Potentiel pour la Vie :** Trois des sept planètes se trouvent dans la zone habitable de l'étoile, ce qui pourrait permettre la présence d'eau liquide et, éventuellement, de conditions favorables à la vie.

**Étude des Atmosphères Planétaires :** Les planètes de TRAPPIST-1 sont d'excellents candidats pour la recherche de signes de vie au moyen de la spectroscopie atmosphérique, notamment avec le Télescope Spatial James Webb.

**Promotion de la Science en Belgique :** Cette découverte a mis en lumière la communauté astronomique belge et a encouragé d'autres initiatives et projets dans le domaine de l'astronomie en Belgique.

La découverte de TRAPPIST-1 continue d'inspirer des recherches et des découvertes supplémentaires, et elle demeure un témoignage du rôle important que la Belgique joue sur la scène internationale de l'astronomie.

➔ **À réserver : Conférence Emmanuel Jehin, Ulg, « Dernières nouvelles des 7 planètes liégeoises », le jeudi 23 janvier 2025.**

## 8. Laboratoire d'expériences



### 8.1. Le vide et l'atmosphère

#### L'eau bouillante qui reste froide

Sur Terre, l'eau des océans demeure liquide grâce à deux conditions indispensables : une température clémente et une pression atmosphérique suffisante. Une planète sans atmosphère ne peut pas posséder d'eau liquide en surface, ce qui constitue une situation défavorable à l'apparition ou au maintien de la vie.

#### Le ballon qui gonfle tout seul

Dans le vide spatial, en orbite autour de la Terre ou sur la Lune, toute sphère remplie de gaz aura naturellement tendance à occuper un plus grand volume en l'absence de pression atmosphérique extérieure. Pour ne pas gonfler ou exploser, les vaisseaux spatiaux et les scaphandres des astronautes sont fabriqués en matériaux résistants et non élastiques afin de contraindre l'air à rester comprimé à l'intérieur.

#### La sonnerie silencieuse

L'atmosphère terrestre permet aux sons de se propager jusqu'à nos oreilles et rend notre monde bruyant. À l'inverse, aucun son n'existe dans le vide spatial ou sur la Lune. Par contre, les ondes électromagnétiques peuvent voyager à travers le vide spatial et sont utilisées pour assurer les télécommunications entre la Terre et les stations orbitales, les satellites et les robots d'explorations du système solaire.

## Deux demi-sphères inséparables

Ce n'est pas le vide intérieur qui aspire ou colle les demi-sphères entre elles. C'est la pression atmosphérique extérieure qui appuie et maintient les demi-sphères serrées l'une contre l'autre.

## L'eau qui ne tombe pas

La poussée exercée par les molécules d'air est supérieure à la poussée exercée par le poids des molécules d'eau. La feuille en papier reste plaquée contre le verre par la pression atmosphérique et empêche l'eau de tomber.

## 8.2. Le système solaire

### Un système solaire de poche

Le système solaire est immense, mais l'espace est surtout rempli de vide. Même en réduisant la taille du Soleil et des planètes à l'extrême, il est impossible de fabriquer une maquette miniature qui tienne dans notre poche et qui nous offre simultanément une vue complète de tous les astres.

### Se peser sur la Lune et sur Mars

La masse d'un objet ne varie pas. Elle correspond à une quantité de matière précise et se mesure en kg. Le poids d'un objet peut varier. Il correspond à la force d'attraction que subit la masse de l'objet à la surface d'un astre et se mesure en Newton. Les astronautes américains étaient 6 fois plus légers sur la Lune. Les robots d'exploration sont 3 fois plus légers sur Mars.

## 8.3. Le voyage dans l'espace

### Se propulser comme une fusée

La propulsion d'une fusée est basée sur le principe d'action-réaction : les moteurs éjectent à grande vitesse une grande quantité de matière (des molécules de gaz) vers l'arrière, ce qui crée une force opposée qui pousse la fusée vers l'avant. Tenter de se déplacer comme une fusée obligerait d'emporter avec soi une énorme quantité de lest, ce qui ne serait pas très pratique...

## 9. Informations pratiques

### L'Abbaye de Stavelot

#### Heures d'ouverture

Ouvert du mardi au dimanche de 10 à 18 heures

Ouvert les lundis pendant les congés scolaires !

Voir [www.abbayedestavelot.be](http://www.abbayedestavelot.be)

Fermeture les 25/12, 01/01, dimanche et lundi du Laetare.

#### Adresse

Espaces Tourisme & Culture Asbl  
Abbaye de Stavelot  
1, Cour de l'Abbaye  
B-4970 Stavelot

#### Contact

Tel : +32(0)80 88 08 78  
Fax : +32(0)80 88 08 77  
[info@abbayedestavelot.be](mailto:info@abbayedestavelot.be)  
[www.abbayedestavelot.be](http://www.abbayedestavelot.be)

#### Responsable Service éducatif

**Charline Magermans** *ad intérim*

[educatif@abbayedestavelot.be](mailto:educatif@abbayedestavelot.be)

**Suivez-nous sur les réseaux sociaux !**



