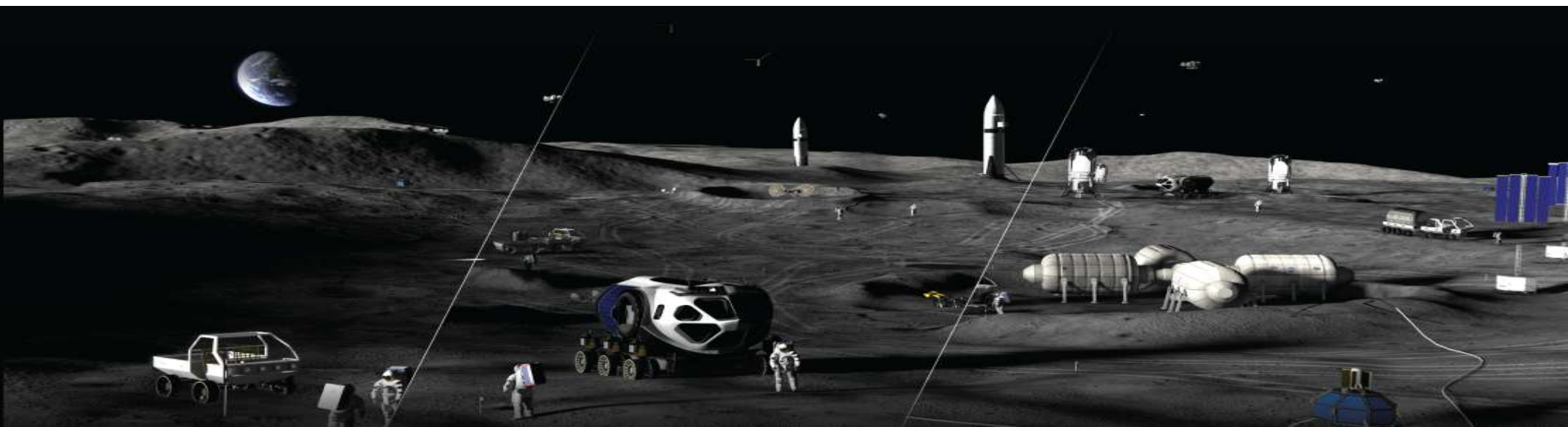




SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE MONTGERON

Pourquoi retourner sur la Lune. Les enjeux de la Mission ARTEMIS. Par Jacques FRIC, docteur en histoire et philosophie des sciences.

Nous vous invitons à une conférence le samedi 3 octobre à 17H à la Maison de l'amitié 119ter av de la république à Montgeron, entrée libre.



Première partie

Présentation de la Lune

Ces diapos sont extraites d'une conférence faite
le 12 janvier 2019 à l'occasion du 50^{ième}
anniversaire de la mission Appollo 11

Le Samedi 12 janvier, à 17H au
centre George Sand à Montgeron,
2 avenue de la république. Entrée
par le parking de la piscine.
Entrée libre



**LA SOCIÉTÉ
ASTRONOMIQUE DE
MONTGERON VOUS INVITE
À UNE CONFÉRENCE**

« LA LUNE, DESCRIPTION ET CONQUÊTE »
PAR JACQUES FRIC, PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION

Plus d'info sur : astromontgeron.fr
Pour nous joindre: contact@astromontgeron.fr

Le satellite de la Terre

La **Lune** est l'unique satellite naturel de la Terre. Suivant la désignation systématique des satellites, la Lune est appelée **Terre I**, cependant en pratique cette appellation n'est pas utilisée.

Notons aussi que si on appelle « lune » les satellites de planètes, le nôtre est appelé « La Lune ».

Le satellite de la Terre

Elle est le cinquième plus grand satellite du système solaire avec un diamètre de 3 474 km.

Relativement à sa planète de référence, elle est le plus gros satellite du système solaire.

La distance moyenne séparant la Terre de la Lune est de 384 400 km.

Période 27,3 jours terrestres.

Le satellite de la Terre



La Terre et la Lune, côte à côte, taille à l'échelle mais pas la distance.

La taille et la distance à l'échelle est donnée par le bandeau sous l'image.



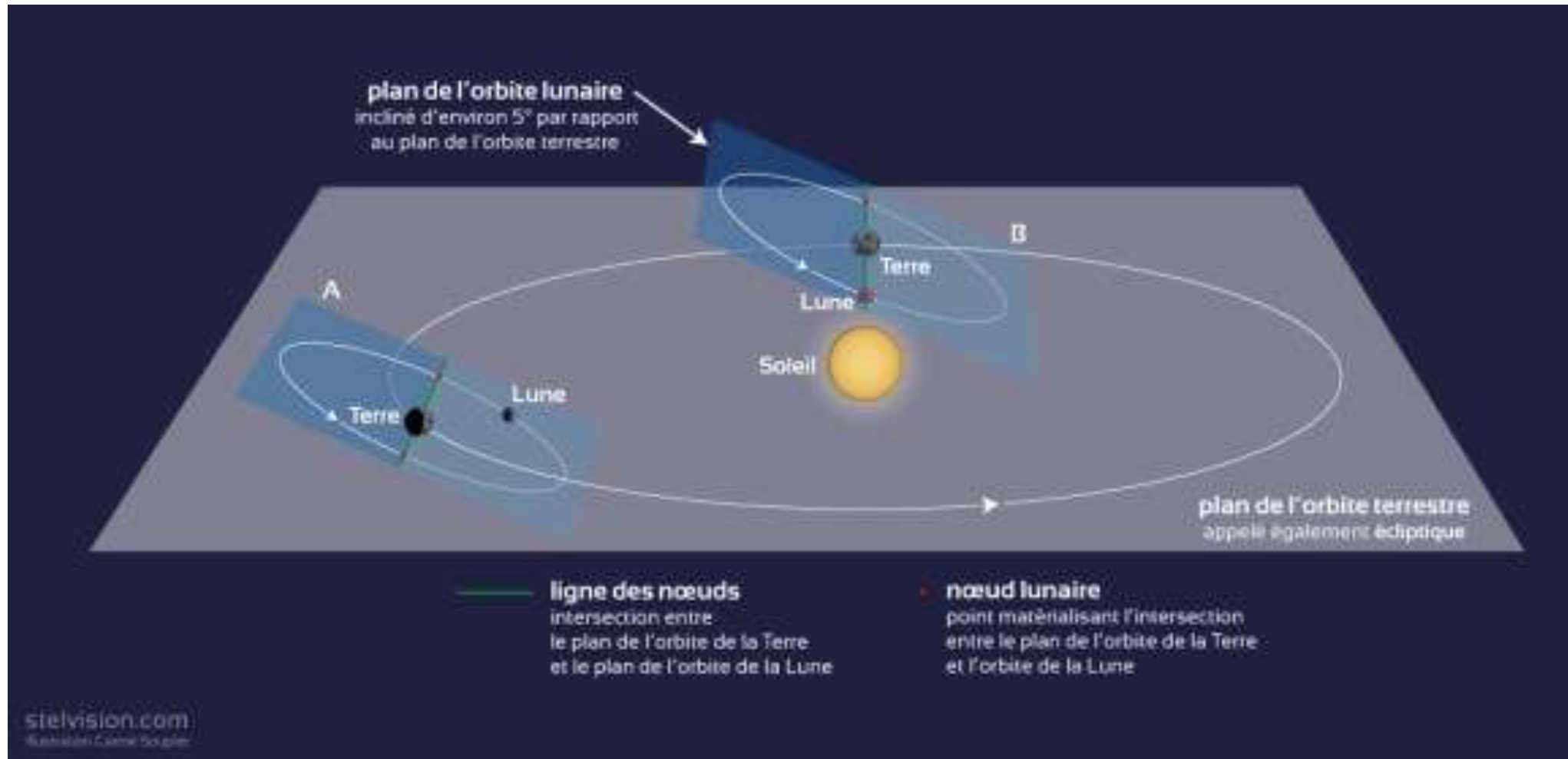
Orbite de la Lune

Dans la représentation la plus simple, on peut dire que la Lune a une orbite elliptique, approximativement, autour du centre de la Terre (conformément aux lois de Kepler), qui lui-même tourne autour du Soleil.

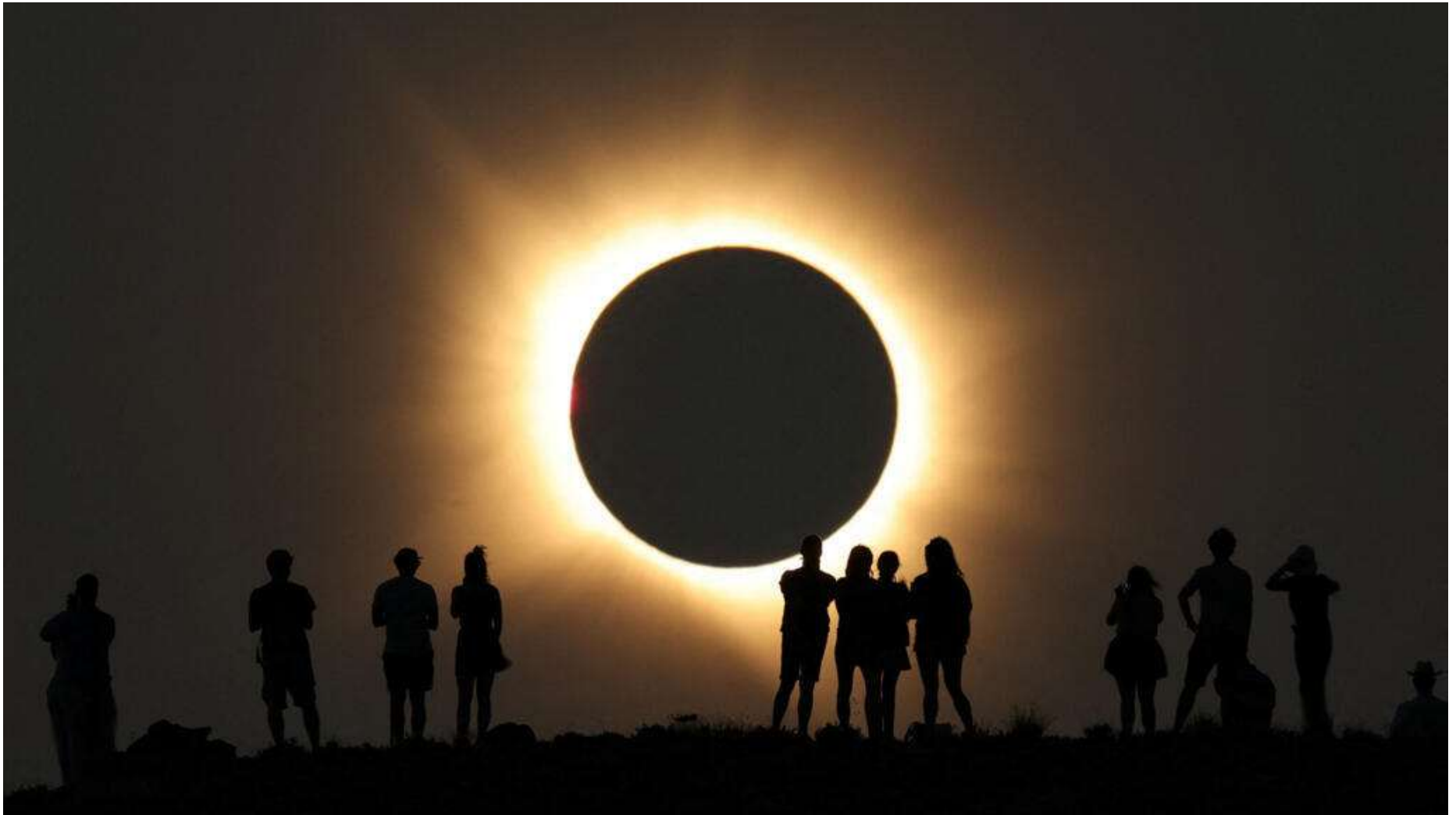
Le plan de l'orbite lunaire est incliné par rapport au plan de l'écliptique (plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil), ce qui explique que les éclipses de Soleil soient peu fréquentes.

Il faut que la Lune soit proche d'un « nœud » pour qu'elle intercepte la lumière du Soleil quand elle est dans le plan « d'alignement ».

Orbite de la Lune et éclipses



Eclipse 2026



Deuxième partie

L'exploration Lunaire, les missions Apollo.

Ces diapos sont également extraites de la conférence faite le 12 janvier 2019 à l'occasion du 50^{ième} anniversaire de la mission Apollo 11



The poster features a background image of a rocket launch with a large plume of fire and smoke. Overlaid on this is a circular graphic containing a detailed image of the Moon. Text is arranged around and within this graphic.

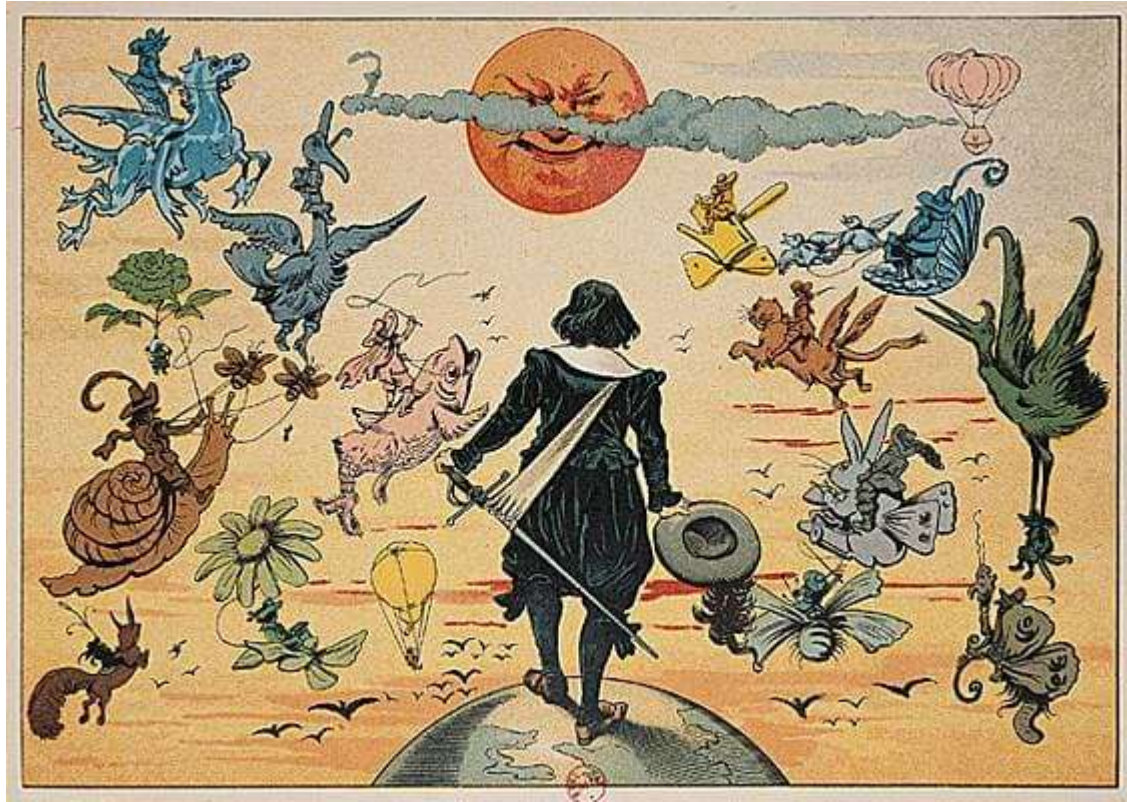
Le Samedi 12 janvier, à 17H au centre George Sand à Montgeron, 2 avenue de la république. Entrée par le parking de la piscine. Entrée libre

**LA SOCIÉTÉ
ASTRONOMIQUE DE
MONTGERON VOUS INVITE
À UNE CONFÉRENCE**

« LA LUNE, DESCRIPTION ET CONQUÊTE »
PAR JACQUES FRIC, PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION

Plus d'info sur : astromontgeron.fr
Pour nous joindre: contact@astromontgeron.fr

Les prémices de l'exploration lunaire



Histoire comique des États et Empires de la Lune par Cyrano de Bergerac, Publié en 1657



Méliès début 20^{ième} siècle

Les prémices de l'exploration lunaire



Version plus scientifique
et élaborée, d'exploration
lunaire, fin des années
1950

La mission Apollo 11



N. Armstrong, M. Collins et E. Aldrin

La mission Apollo 11



Décollage, le 16 juillet 1969, de la fusée Saturne V emportant la mission Apollo 11

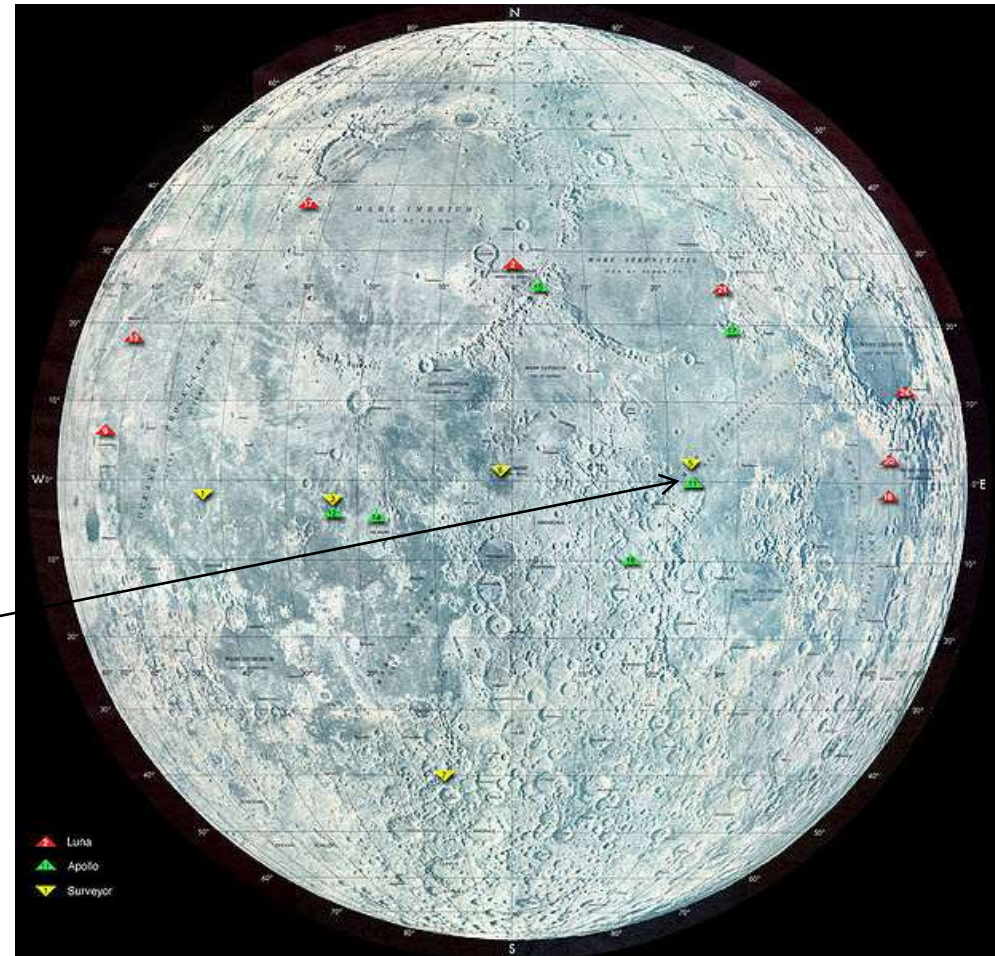
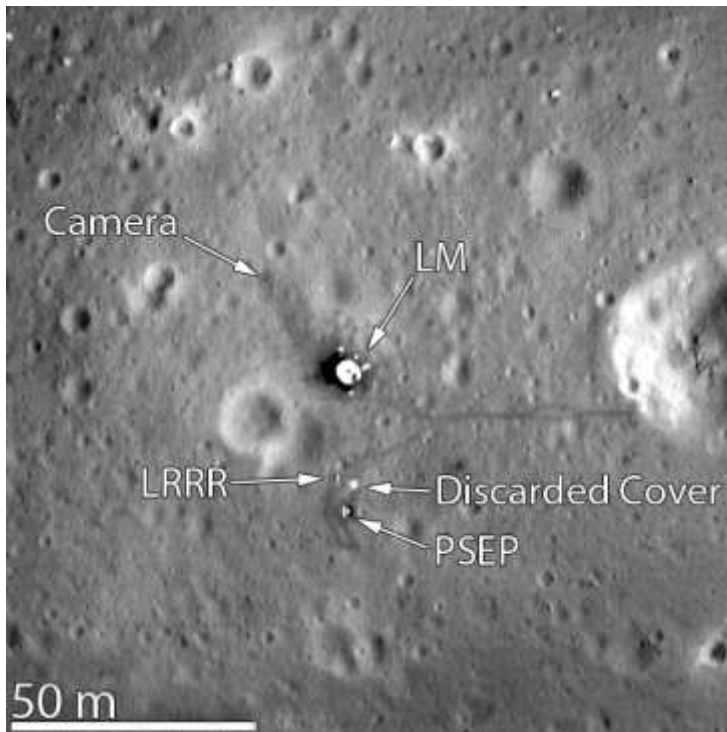
Premier pas sur la Lune le 21 juillet 1969



<https://www.agences-spatiales.fr/apollo-11/>

Apollo 11, le site d'alunissage

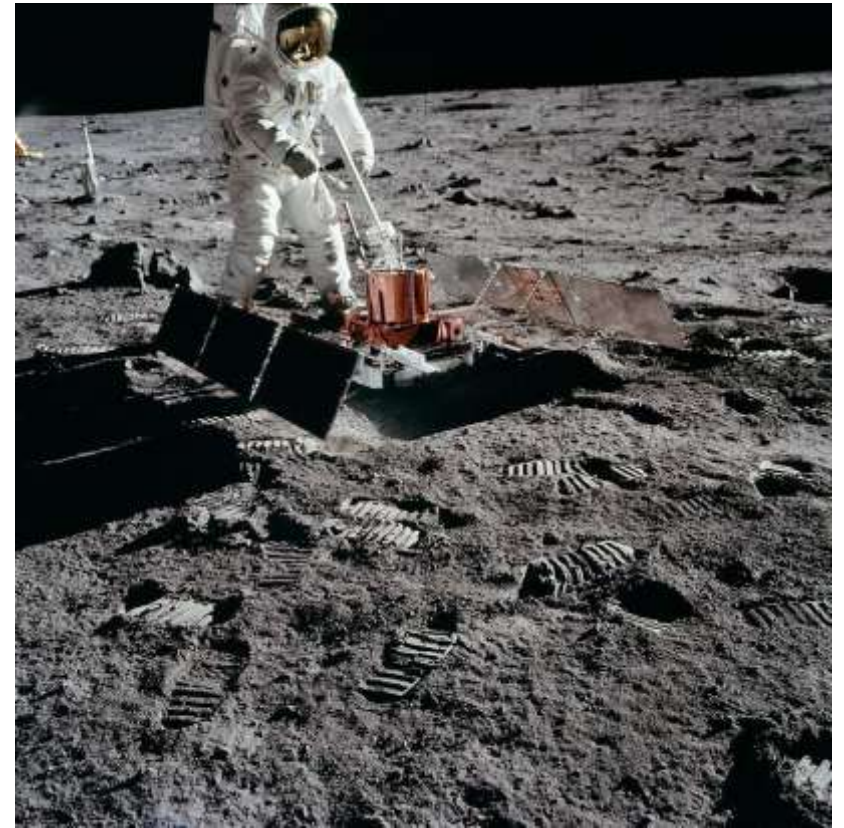
Mer de la tranquillité



Apollo 11: Sur la Lune



Aldrin descendant du module lunaire

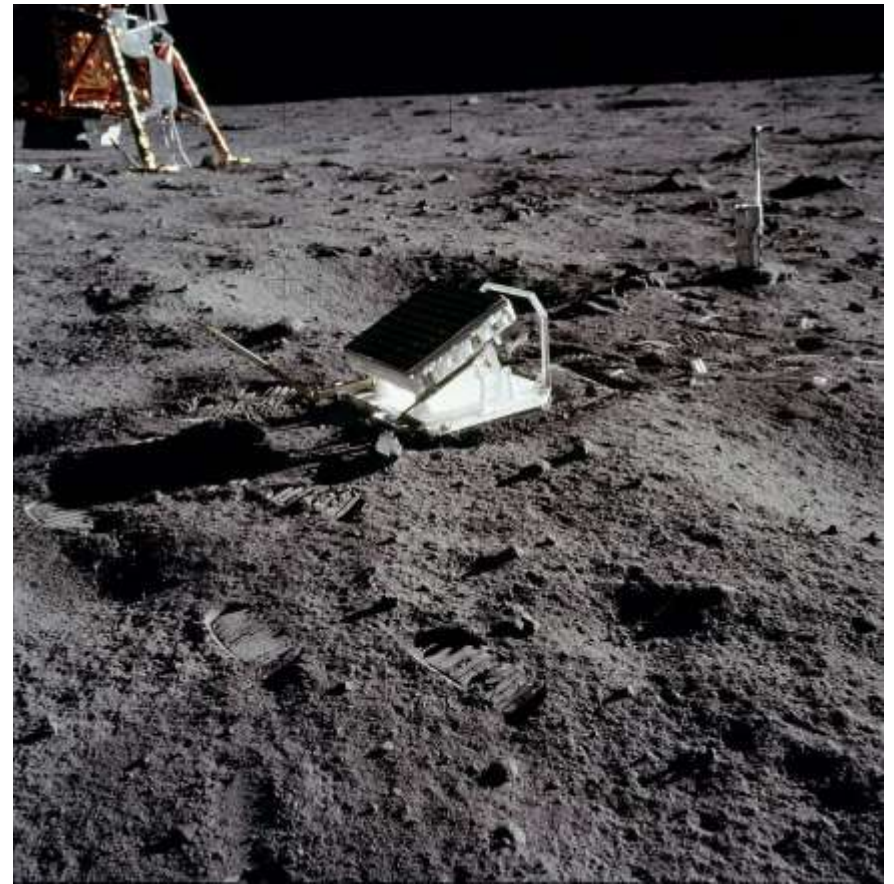


Le sismomètre passif

Apollo 11: Sur la Lune



Le collecteur de vent
solaire

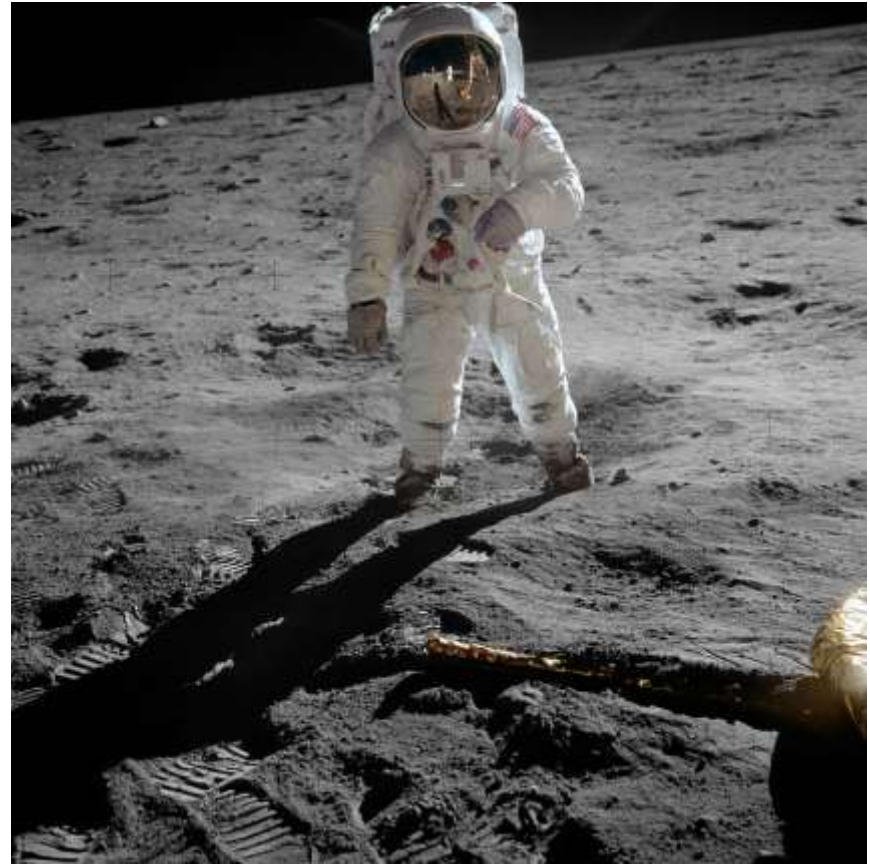


Le réflecteur de rayons laser

Apollo 11: Sur la Lune



Le L.E.M, avec Aldrin



Combinaison des
astronautes: 4H d'autonomie

Autres missions Apollo: La jeep lunaire



Bilan des missions Apollo

Les défis étaient énormes. La fusée Saturne V est la fusée la plus puissante jamais construite (110 m de haut, 3000t au décollage, 10m de diamètre, propulsée par cinq moteurs de 677 t de poussée chacun, charge utile 118 t en orbite basse, 47 t pour la Lune).



Bilan des missions Apollo

C'est avec Apollo 8 que les téléspectateurs ont pu apercevoir pour la première fois la Terre vue de la Lune, ce qui frappera les esprits à l'époque. Un cinquième de la population mondiale suivra en direct les premiers pas de l'homme sur la Lune mais il s'ensuivit une polémique sur le coût du programme (actualisé en 2009: 150 milliards de dollars!).

Depuis 1972, plus aucun astronaute n'a, à ce jour, foulé le sol de la Lune.

Troisième Partie

L'exploration Lunaire

La Mission ARTEMIS (2022)

Pourquoi retourner vers la Lune presque 60 ans après Appollo 11 ?

Le programme **Artemis** se distingue du programme **Apollo** par un objectif fondamental :

Apollo visait à poser le pied sur la Lune pour y planter un drapeau, tandis qu'Artemis s'y installe pour y **rester de façon permanente** et préparer le voyage vers Mars.

Artemis vs Apollo 11		
Données	Apollo 11 (1969)	Programme Artemis (Années 2020/2030)
Objectif politique	Course géopolitique idéologique vs URSS.	Coopération internationale, science et économie durable.
Durée du séjour	Moins de 22 heures sur le sol lunaire.	Plusieurs jours à plusieurs semaines par mission.
Zone d'exploration	Région équatoriale (plaines lisses, visibilité directe).	Pôle Sud lunaire (cratères sombres pleins de glace d'eau).
Diversité de l'équipage	Exclusivement des hommes américains.	Intégration de la première femme, de la première personne de couleur, d'astronautes internationaux (Canadiens, Européens).
Technologie & Coût	Matériel à usage unique, ordinateurs rudimentaires.	Fusée réutilisable (Starship), intelligence artificielle, connectivité 4G/5G.
Infrastructures	Simple module lunaire (LEM) servant de camp de base.	Station en orbite (Gateway) et base habitée au sol (Artemis Base Camp).

L'ensemble du programme Artemis

Le programme ne repose pas sur un seul vol, mais sur une infrastructure divisée en quatre piliers principaux.

1. Le calendrier des missions clés

Artemis I (2022) - Réussi : Vol de qualification à vide de la fusée SLS et du vaisseau Orion autour de la Lune.

Artemis II (Avril 2026) - Réussi : Premier vol habité (4 astronautes) effectuant une boucle historique autour de la Lune sans y atterrir.

Artemis III (Fin 2027) : Vol de démonstration technique en orbite terrestre avec le Starship HLS et le vaisseau Orion.

Artemis IV et suivantes (À partir de 2028) : Premiers alunissages habités modernes au Pôle Sud et début de l'assemblage de la station orbitale.

L'ensemble du programme Artemis

2. La station spatiale Lunar Gateway

Placée en orbite hautement elliptique autour de la Lune, cette mini-station servira de **hub de transfert**.

Les astronautes venus de la Terre s'y amarreront à bord de la capsule Orion, avant de descendre vers la Lune à bord d'un atterrisseur (comme le Starship de SpaceX ou le Blue Moon de Blue Origin).

L'ensemble du programme Artemis

3. L'exploitation des ressources locales (ISRU)

Artemis vise l'indépendance logistique. Le choix du Pôle Sud est dicté par la présence de **glace d'eau** au fond des cratères. Cette eau (H^2O) sera extraite pour :

Fournir de l'eau potable aux équipages.

Générer de l'oxygène respirable.

Produire du carburant (Hydrogène/Oxygène liquides) pour ravitailler des vaisseaux.

L'ensemble du programme Artemis

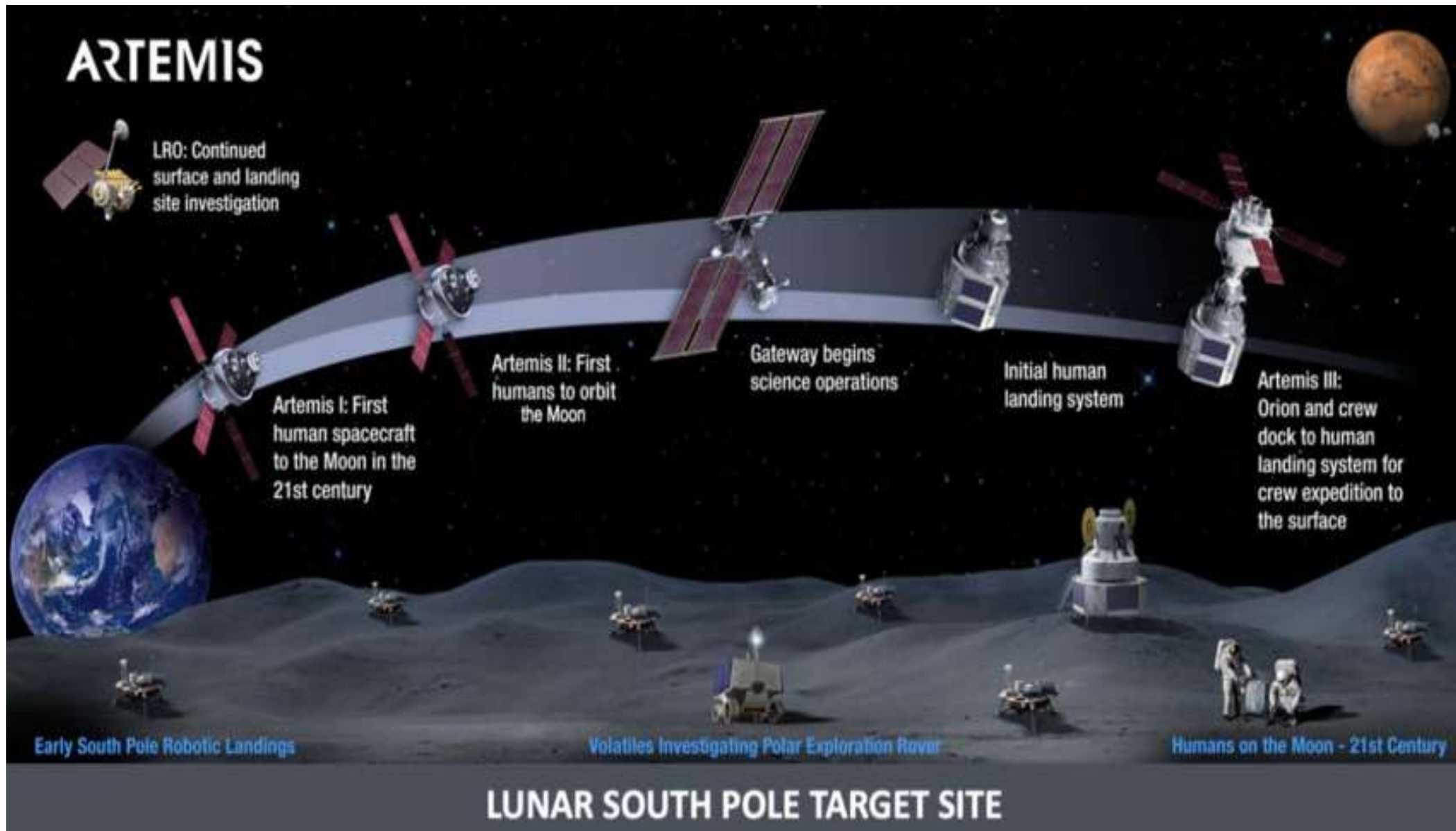
4. Le tremplin vers Mars

La Lune sert de laboratoire d'essai.

Les technologies de survie, les combinaisons, les modules d'habitation et l'utilisation des ressources locales validés sur la Lune seront directement appliqués pour la future étape de la NASA : **l'envoi d'humains vers Mars à l'horizon 2040.**

Les trajectoires de vol du programme Artemis suivent des profils orbitaux très précis, cartographiés par la NASA pour optimiser l'utilisation de l'attraction gravitationnelle de la Terre et de la Lune.

L'ensemble du programme Artemis



Les 3 types de trajectoires du programme

Chaque type de mission possède sa propre signature orbitale en fonction de ses objectifs techniques :

La trajectoire d'Artemis I (Orbite Rétrograde Distante - DRO) :

Le profil de vol d'Artemis I montre une insertion en orbite lunaire très haute et stable. Le vaisseau Orion a tourné en sens inverse de la rotation de la Lune, s'éloignant à plus de 430 000 km de la Terre pour tester la résistance des systèmes en espace profond.

Les 3 types de trajectoires du programme

La trajectoire d'Artemis II (Trajectoire de retour libre hybride) :

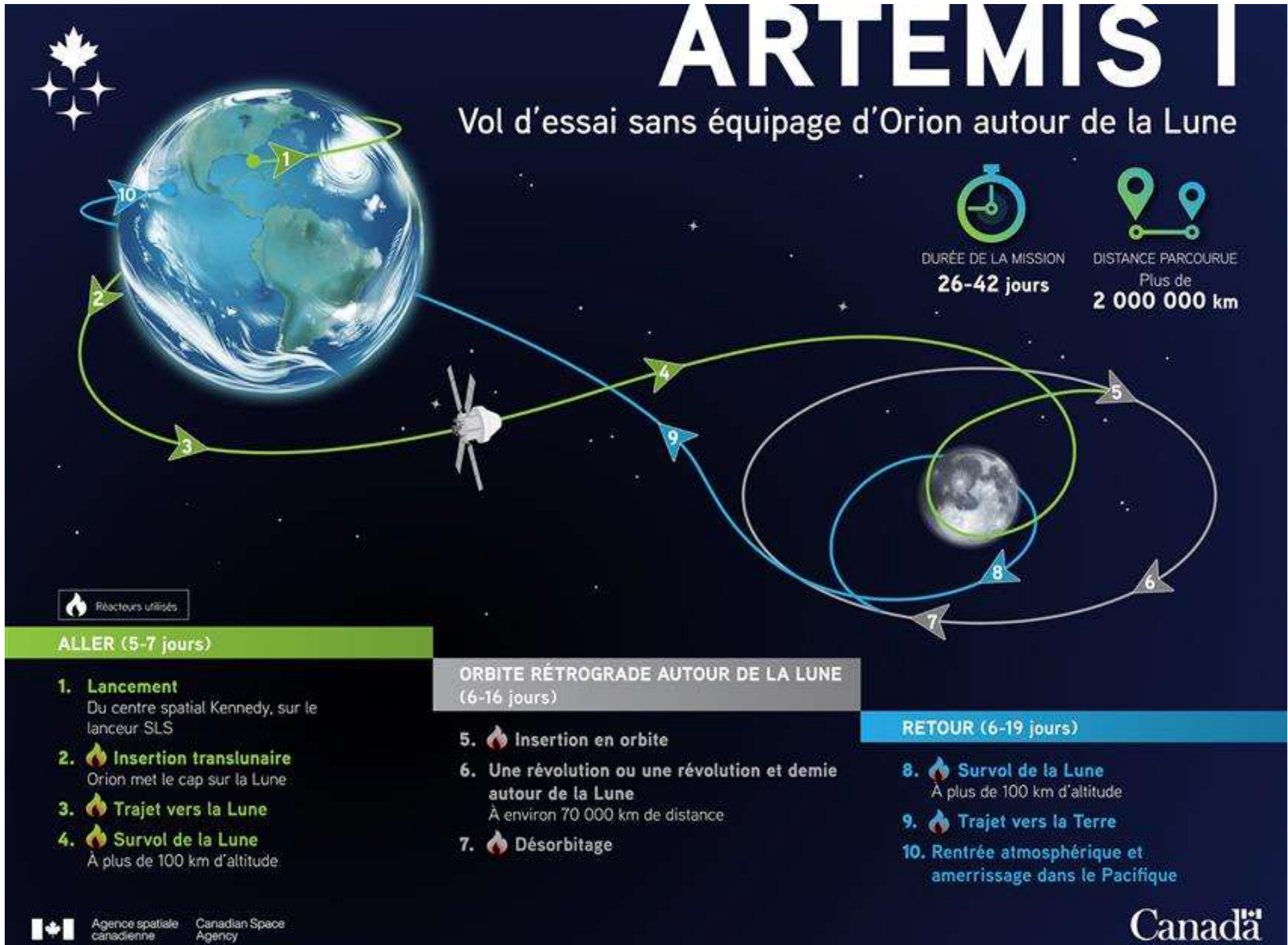
La carte officielle d'Artemis II illustre une boucle elliptique sans insertion orbitale lunaire. La fusée SLS place d'abord Orion en orbite terrestre haute pour des vérifications mécaniques.

Une fois l'injection trans-lunaire effectuée, le vaisseau utilise la gravité de la face cachée de la Lune pour être "catapulté" naturellement vers la Terre sans consommer de carburant pour le retour.

Artemis I (Terminé)



ARTEMIS I-trajectoire



ARTEMIS I

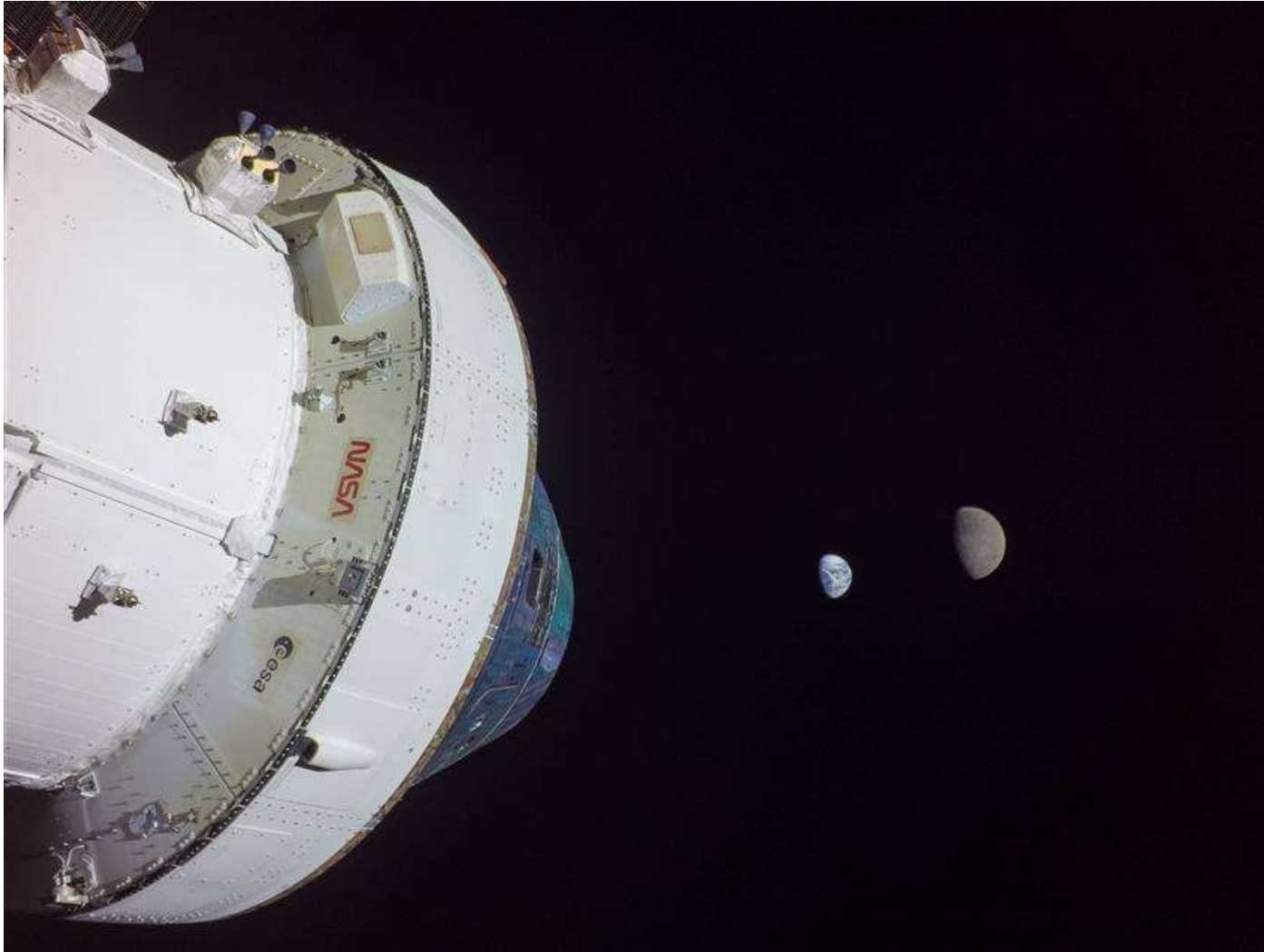
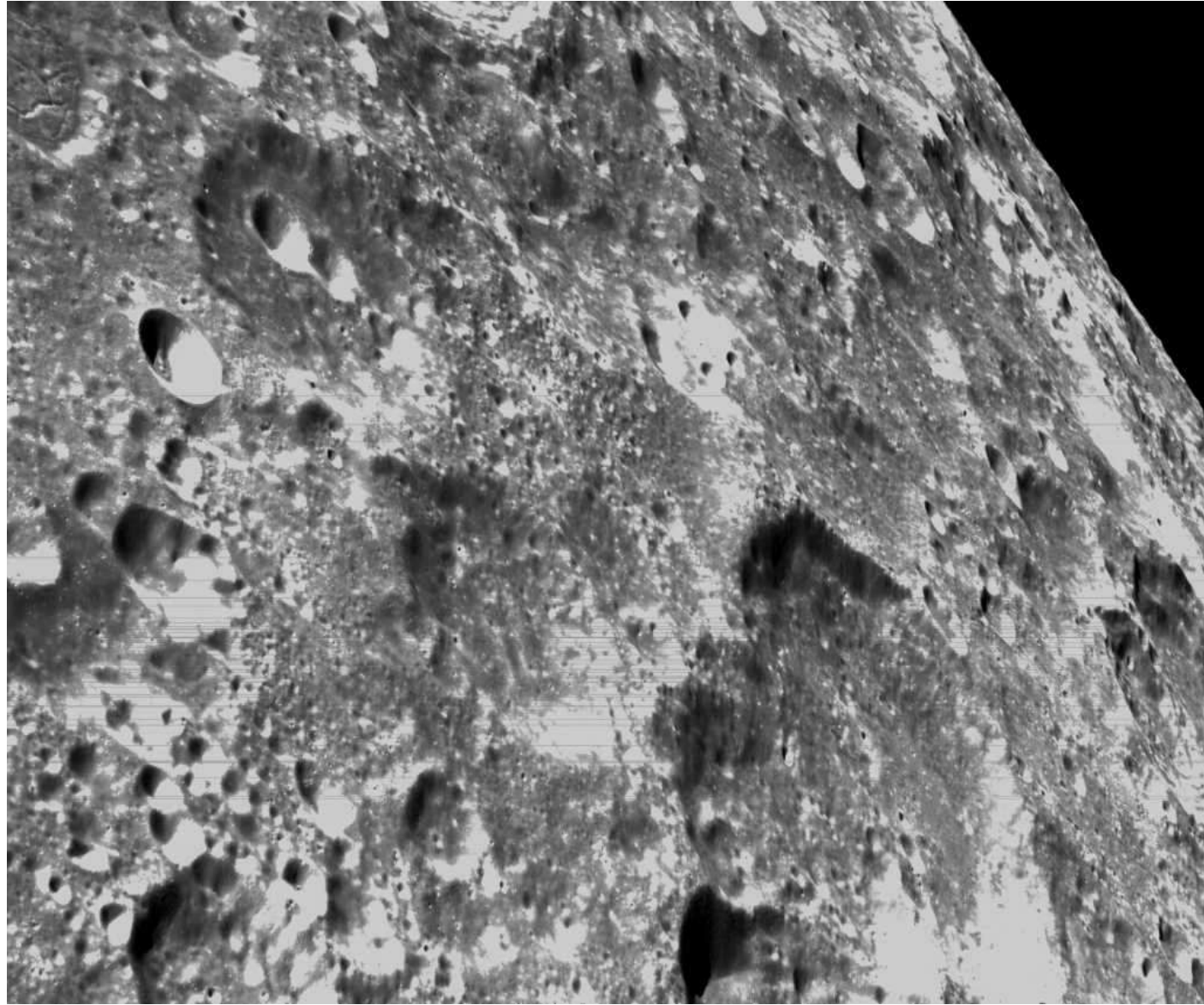


Photo prise depuis le point le plus éloigné de la Terre

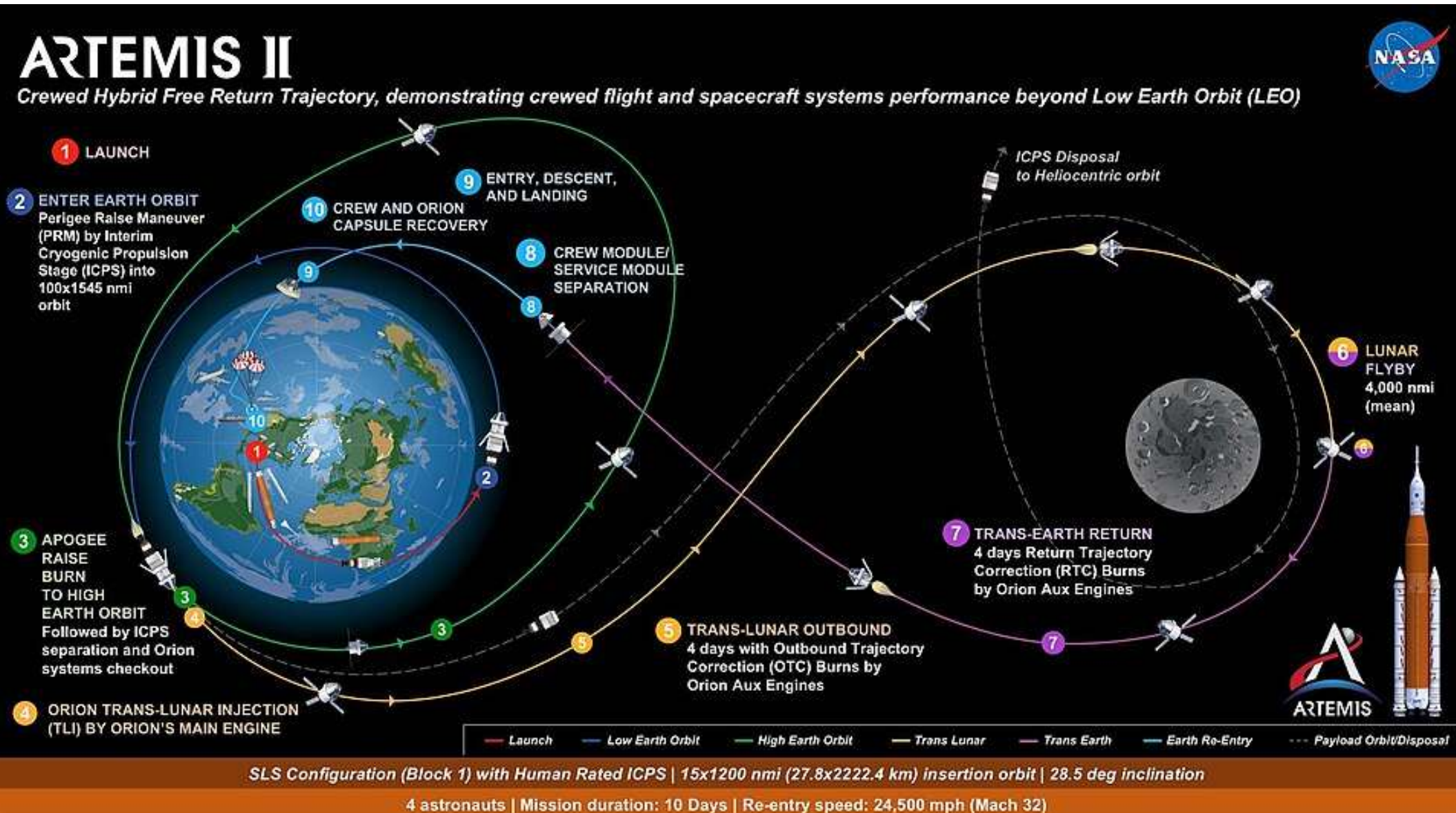
ARTEMIS I



Artemis I : les temps forts du voyage vers la Lune en images, Stelvision

Artemis II Map – NASA

Artemis 2 Wikipédia



L'équipage d'ARTEMIS II



Le module Orion conçu par l'ESA



La trajectoire d'Artemis II (Trajectoire de retour libre hybride)

Artemis II décrit une boucle elliptique sans insertion orbitale lunaire.

La fusée SLS place d'abord Orion en orbite terrestre haute pour des vérifications mécaniques.

Une fois l'injection trans-lunaire effectuée, le vaisseau utilise la gravité de la face cachée de la Lune pour être "catapulté" naturellement vers la Terre sans consommer de carburant pour le retour.

ARTEMIS II

La mission Artemis II est le premier vol d'essai habité de la campagne Artemis.

L'objectif de la mission était de vérifier que tous les systèmes du vaisseau spatial fonctionnaient comme prévu dans l'espace lointain avec un équipage à bord.

C'est une étape cruciale pour s'installer durablement sur la Lune et préparer de futures missions sur Mars.

Les astronautes ont aussi réalisé des études scientifiques, dont ils ont également été les sujets.

Lors du survol de la Lune, ils ont fait de nombreuses observations de la surface.



ARTEMIS II – FAITS MARQUANTS DE LA MISSION

Lors du vol d'essai habité historique Artemis II, l'astronaute de l'Agence spatiale canadienne (ASC) **Jeremy Hansen** est devenu le premier Canadien à faire partie d'une mission d'exploration de la Lune. L'équipage s'est rendu à plus de **400 000 km de la Terre**, plus loin que quiconque auparavant. C'était la première mission lunaire depuis le programme Apollo il y a plus de 50 ans.

Lancement
1^{er} avril 2026
Floride



10
jours dans
l'espace



2 fois le tour
de la Terre



1 survol
de la Lune



Plus de
1,1 million
de
kilomètres
parcours



5 études
scientifiques



4 CubeSats
internationaux mis
en orbite

Amerrissage
10 avril 2026
Océan Pacifique
(Au large de la Californie)



Cabine du vaisseau spatial
Orion **de la taille d'une**
fourgonnette



Vérification des systèmes
et **pilotage manuel** du
vaisseau spatial



Observation de régions de
la **Lune** qu'aucun autre
astronaute n'avait vues avant



Trois communications
entre l'espace et la Terre
avec des Canadiens



Jenni Gibbons, astronaute
de l'ASC : première **capcom**
d'**Artemis** canadienne



Agence spatiale
canadienne

Canadian Space
Agency

Canada

Étapes de la mission Artemis II

Jour 1 : Départ de la Terre

Jour 1 : Démonstration d'opérations de proximité

Jours 1-10 : Vérification des systèmes

Jour 2 : Insertion translunaire

Jours 2-5 : Trajet vers la Lune

Jour 6 : Survol et observation de la Lune

Jours 7-10 : Trajet de retour vers la Terre et amerrissage.

Lancement du Space Launch System (SLS) de la NASA

T + 0 min : Décollage, mise à feu des 4 moteurs RS-25 de l'étage principal (Core Stage) et des 2 propulseurs d'appoint.

T + 2 min : Largage des boosters (Solid Rocket Boosters - SRB), Les deux propulseurs d'appoint (boosters) latéraux à propergol solide ont épuisé leur carburant. Ils se détachent et retombent dans l'océan Atlantique.

T + 3 min 30 : Éjection de la tour de sauvetage (LAS), Le système d'abandon de lancement (Launch Abort System) devient inutile une fois la basse atmosphère traversée. Les panneaux de protection de la coiffe entourant le vaisseau Orion sont également éjectés.

T+8mn: Extinction et largage de l'Étage Principal (Core Stage). Les réservoirs géants d'hydrogène et d'oxygène liquides sont vides. Les moteurs RS-25 s'éteignent (coupure principale). L'immense étage central de 65 mètres se sépare et plonge pour se détruire en rentrant dans l'atmosphère au-dessus de l'océan Pacifique.

T + 8 min 30 s : Propulsion par l'Étage Supérieur (ICPS). Le second étage, l'ICPS (*Interim Cryogenic Propulsion Stage*), prend le relais. Il s'allume une première fois pour circulariser l'orbite d'attente autour de la Terre.

T + 1 h 30 min (environ) : Injection trans-lunaire et largage final. L'étage ICPS se rallume pour propulser le vaisseau vers la Lune (manœuvre TLI). Une fois la poussée terminée, le vaisseau **Orion se sépare définitivement de l'étage supérieur.** <https://www.youtube.com/watch?v=tfaNyT5SHe8&t=34s>

Jour 1 : Départ de la Terre

Une première journée chargée dans l'espace.
Le lanceur SLS a servi à propulser le vaisseau spatial Orion jusqu'e dans l'espace.

Une fois en orbite, les astronautes ont enlevé leur combinaison spatiale et ont passé le reste de la mission en vêtements ordinaires.

Ils remettront leur combinaison spatiale en vue de la rentrée dans l'atmosphère terrestre et de l'amerrissage.

L'équipage a fait deux fois le tour de notre planète pour s'assurer que les systèmes fonctionnaient bien, alors qu'Orion était encore près de la Terre.

ARTEMIS II –Jour 1

Le vaisseau spatial a suivi une orbite elliptique à une altitude variant de 185 à 2253 km environ pendant un peu plus de 90 minutes, avec une première mise à feu de correction pour maintenir Orion sur sa trajectoire.

L'étage supérieur a ensuite propulsé le vaisseau spatial sur une orbite haute.

Cette manœuvre a permis à Orion d'atteindre la vitesse nécessaire pour la poussée vers la Lune.

ARTEMIS II – Jour 1

Il a fallu environ 23,5 heures pour faire le tour de la Terre le long de cette orbite elliptique variant de 185 à 74 000 km d'altitude.

Par comparaison, la Station spatiale internationale suit une orbite quasi circulaire autour de la Terre à 400 km d'altitude.

Après la mise à feu de correction pour aller en orbite haute, l'étage supérieur s'est séparé d'Orion.

Avant de se désintégrer dans l'atmosphère terrestre, l'étage largué a servi une dernière fois : après avoir pris les commandes manuelles d'Orion, l'équipage l'a utilisé pour une démonstration d'opérations de proximité.

Démonstration des opérations de proximité

Cette série de manœuvres a consisté à piloter Orion pendant environ 70 minutes pour le faire s'approcher et s'éloigner de l'étage supérieur.

L'équipage a utilisé les caméras à bord et regardé aussi par les hublots pour s'aligner sur l'étage supérieur lors de cette démonstration.

Ces manœuvres ont fourni des données et un savoir-faire; impossibles à obtenir facilement au sol.

Démonstration des opérations de proximité

Ces connaissances sont essentielles pour se préparer aux futures opérations en orbite lunaire : rendez-vous, opérations de proximité, amarrage et désamarrage.

Après cette démonstration, quatre CubeSats de la taille de deux boîtes à chaussures à peu près ont été largués dans l'espace depuis l'adaptateur d'étage d'Orion environ 5 h après le début de la mission.

Jours 1-10 : Vérification des systèmes

Après cette démonstration, les contrôleurs de vol du centre spatial Johnson de la NASA ont repris les commandes d'Orion.

L'équipage a passé le reste du temps en orbite haute à vérifier les systèmes du vaisseau spatial.

Alors qu'ils étaient toujours proches de la Terre, les astronautes ont évalué l'efficacité du système de survie, nécessaire pour produire de l'air respirable et éliminer le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau qu'ils produisent quand ils respirent, dorment, parlent ou font de l'exercice.

Jours 1-10 : Vérification des systèmes

Ces vérifications ont permis de confirmer le bon fonctionnement du système de survie avant la phase du survol lunaire.

Les systèmes de **communication** et de navigation ont aussi été vérifiés afin de confirmer qu'ils étaient prêts pour continuer la mission.

Pendant qu'Orion se trouvait encore en orbite elliptique autour de la Terre, il s'est brièvement éloigné de la portée des satellites GPS et du système de satellites de poursuite et de retransmission de données de la NASA.

Jours 1-10 : Vérification des systèmes

L'objectif était de vérifier tôt dans la mission les capacités de communication et de navigation du Deep Space Network de la NASA.

Quand Orion s'est rendu jusqu'à la Lune et l'a survolée, le centre de contrôle de mission a compté sur ce réseau de communications avec l'espace lointain pour communiquer avec les astronautes, transmettre des images vers la Terre et commander le vaisseau spatial.

Les astronautes ont continué d'évaluer les systèmes du vaisseau spatial tout au long du voyage. Ils ont notamment fait une démonstration des opérations de départ et de retour et ont simulé des procédures d'urgence.

Jour 2 : Insertion translunaire

Une fois les procédures de vérification terminées, la décision a été prise de **poursuivre le voyage vers la Lune.**

Orion aura été en orbite haute pendant environ 25 heures.

La mise à feu de l'insertion translunaire qui a propulsé Orion sur sa trajectoire a duré 6 minutes et 5 secondes.

Jours 2-5 : Trajet vers la Lune

Le module de service de l'Agence spatiale européenne a fourni la dernière poussée nécessaire pour envoyer Orion et l'équipage vers la Lune, un voyage d'environ quatre jours.

Ils ont ensuite fait le tour de la face cachée de la Lune.

Dans son ensemble, l'aller-retour pour la Lune a pris la forme d'un huit.

En route vers la Lune, l'équipage a eu l'occasion à quelques reprises d'échanger avec la population sur Terre en direct.

Au cinquième jour de la mission, Orion est entré dans la sphère d'influence gravitationnelle de la Lune.



Coucher de Terre photographié par l'équipage d'Artemis II par un hublot du vaisseau spatial Orion lors du survol de la Lune. La partie sombre de la Terre est plongée dans la nuit. Du côté diurne de la Terre, des nuages surplombent la région de l'Australie et de l'Océanie.(Source NASA.)

Jour 6 : Survol et observation de la Lune

Artemis II bat le record de distance d'Apollo 13,

Le 6 avril, Orion s'est trouvé à une distance **de 6 544 km de la Lune**. Elle avait l'air aussi grosse qu'un ballon de basket tenu à bout de bras.

Par les hublots de la capsule, les astronautes ont vu la Lune de près et la Terre au loin, à plus de 400 000 km de distance.

Le Soleil, la Lune et le vaisseau spatial Orion ont été alignés de telle sorte que l'équipage a vu environ 20 % de la face cachée de la Lune.

Pendant sept heures, à tour de rôle, ils ont observé et diverses caractéristiques géologiques, comme des cratères d'impact, d'anciennes coulées de lave.

Jour 6 : Survol et observation de la Lune

Ils ont aussi vu des régions de la face cachée de la Lune que personne d'autre n'avait déjà vues, comme la mer Orientale et les cratères Pierazzo et Ohm.

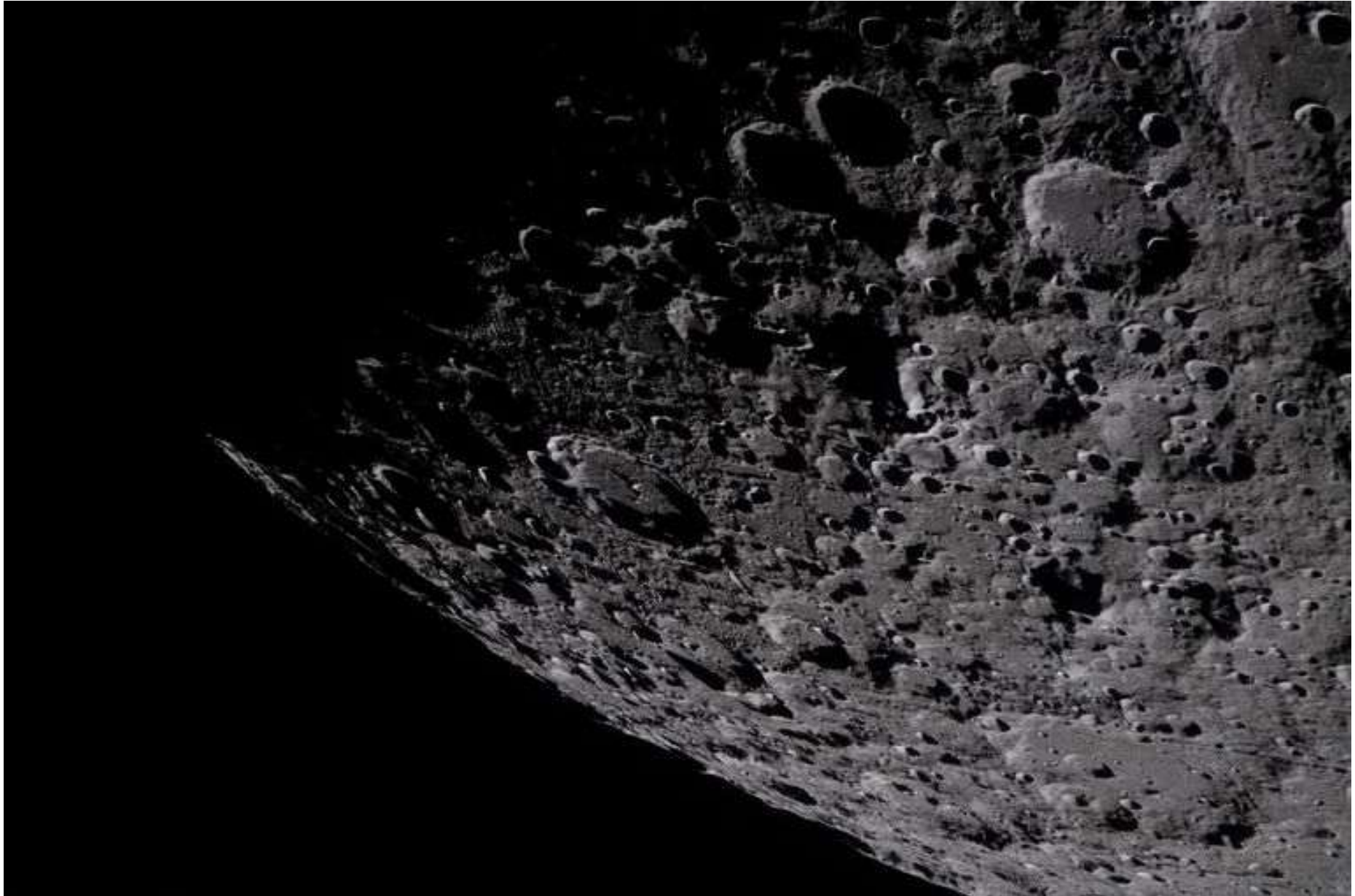
En plus de l'analyse des données en temps réel ainsi que des conseils de l'astronaute de l'ASC Jenni Gibbons au poste de capcom et d'une équipe de scientifiques, les astronautes ont mis à profit leur formation en géologie au Labrador, en Islande et en classe pour décrire les textures, les formes et les couleurs de la surface.

Ces données seront d'une grande utilité pour les futures missions d'exploration de la Lune.

Un croissant de Terre



Pôle sud de la Lune où la base sera construite



Eclipse totale de Soleil (durée 53mn)



Jour 6 : Survol et observation de la Lune

Vers la fin du survol, l'équipage a observé une éclipse solaire. Orion, la Lune et le Soleil ont été alignés de telle sorte que les astronautes ont vu notre étoile disparaître derrière la Lune pendant environ une heure.

Durant cette période, l'équipage a vu la Lune en grande partie plongée dans l'obscurité. Ils ont profité de l'occasion pour analyser la couronne solaire — l'atmosphère externe du Soleil — alors qu'elle est apparue tout autour de la Lune.

L'équipage a également tenté de repérer des éclairs lumineux produits par l'impact de météoroïdes à la surface, afin de mieux comprendre les risques des missions futures.

Jour 6 : Survol et observation de la Lune

Quand Orion est passé derrière la Lune, la mission a connu une interruption planifiée des communications d'environ 40 minutes, la Lune bloquant les signaux radio entre le réseau Deep Space Network et le vaisseau spatial.

Au septième jour, Orion est sorti de la sphère d'influence gravitationnelle de la Lune et s'est dirigé vers la Terre.

Le survol de la Lune en chiffres

Distance maximale de la Terre : 406 773 km; Artemis II a dépassé la distance d'Apollo 13 de 6 600 km

Distance au-delà de la face cachée de la Lune : 6 544 km

Jours 7-10 : Retour vers la Terre et amerrissage

Vu qu'Orion était sur une trajectoire de retour libre, aucun combustible n'a été nécessaire pour fournir une poussée. Ce sont l'assistance gravitationnelle de la Lune et la gravité de la Terre qui ont dirigé naturellement le vaisseau spatial vers notre planète.

Le 10 avril, après la séparation du module de service, la capsule est rentrée dans l'atmosphère terrestre à 35 fois la vitesse du son. Le bouclier thermique et la friction atmosphérique ont contribué à beaucoup la ralentir.

Des parachutes-freins s'ouvrent à une altitude, où l'air est suffisamment dense. Ils activent les 3 parachutes principaux, qui permettent d'amerrir en toute sécurité.

ARTEMIS III

Artemis III (Prévue pour fin 2027) : Les équipes du Centre spatial Kennedy en Floride ont déjà commencé l'assemblage des boosters et la réception des moteurs RS-25 pour ce futur vol qui testera les manœuvres d'amarrage en orbite.

Observation Radio Pleumeur-Bodou (ORPB)



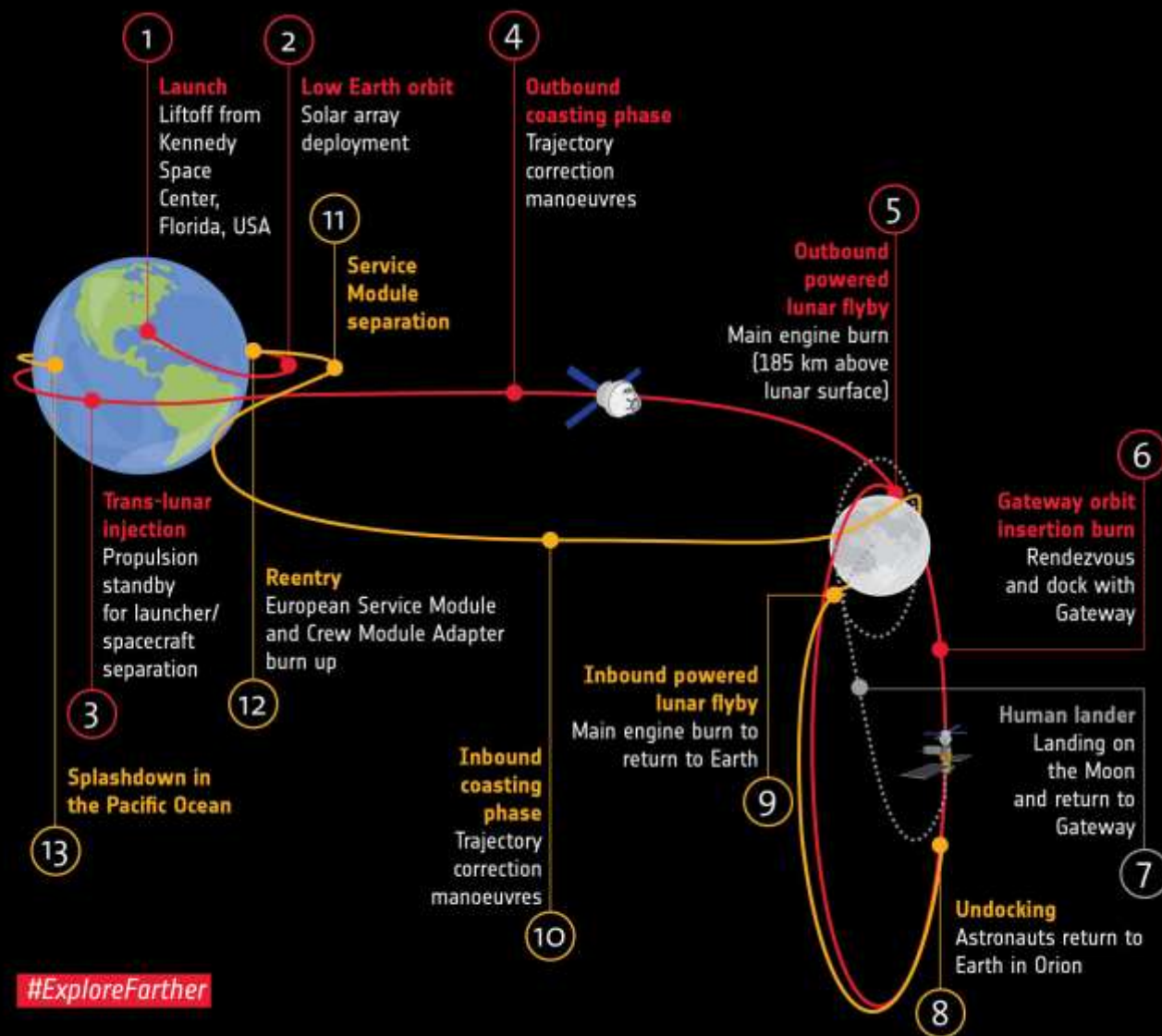
Cette association bretonne a été sélectionnée par la NASA, dans la mission Artemis II, pour participer, par télémessure (position et vitesse) d'une balise du vaisseau Orion pendant toute la mission afin de déterminer sa trajectoire réelle.

ARTEMIS III-Trajectoire



→ ORION

Artemis 3 step-by-step



#ExploreFarther

La trajectoire d'Artemis III et IV (Orbite de Halo Presque Rectiligne - NRHO)

Le schéma évolue ici vers une orbite polaire très allongée. Le vaisseau Orion vient s'y amarrer à la station Lunar Gateway ou au Starship HLS.

Cette trajectoire permet de survoler le pôle Sud lunaire à basse altitude à chaque révolution, facilitant ainsi la descente des atterrisseurs vers la surface.

Mission Artemis III (Prévue pour fin 2027)

Artemis III marquera le retour historique d'un équipage humain sur le sol lunaire, incluant la première femme et la première personne de couleur.

Le décollage : Le SLS Block 1 s'arrache du pas de tir 39B au Centre spatial Kennedy pour injecter la capsule Orion et ses quatre astronautes vers la Lune.

Le rendez-vous orbital (NRHO) : Orion ne se pose pas directement. Elle s'amarre en orbite lunaire haute à un vaisseau *Starship HLS* (développé par SpaceX), préalablement lancé et ravitaillé en carburant.

La descente sur la Lune : Deux astronautes quittent Orion pour s'installer dans le Starship HLS, qui descend vers le pôle Sud lunaire, une région riche en glace d'eau.

Mission Artemis III (Prévue pour fin 2027)

L'exploration : L'équipage passe environ une semaine au sol pour collecter des échantillons et mener des expériences scientifiques en portant les nouvelles combinaisons spatiales d'Axiom Space.

Le retour : Le Starship HLS redécolle, s'amarre de nouveau à Orion pour y transférer les astronautes, puis Orion rallume ses moteurs pour ramener tout l'équipage sur Terre.

NASA, Artemis Le lanceur la fusée SLS

Le lanceur lourd utilisé par la NASA pour le projet Artemis s'appelle le **Space Launch System (SLS)**

Le SLS est le **seul lanceur super-lourd actif de la NASA** capable d'envoyer la capsule Orion, un équipage et du fret directement vers la Lune en un seul vol.

Dans sa version initiale (Block 1), le SLS mesure 98 mètres de haut et génère une poussée maximale de 39,1 millions de newtons au décollage, (avec les boosters) soit 15 % de plus que la fusée Saturn V. Ces chiffres sont en trompe l'œil car:

La puissance d'une fusée s'apprécie à la charge utile qu'il peut déposer à la cible. Pour SLS block 1 (qui est, en fait, une fusée à 2 étages) c'est 27 tonnes sur l'orbite lunaire contre 47 tonnes pour Saturn V qui est une fusée à 3 étages.

Futures missions

Artemis IV

La NASA continue de viser début 2028 pour le premier alunissage d'Artemis, une date qui est restée inchangée depuis la mi-2025. Après avoir atteint l'orbite lunaire, l'équipage passera d'Orion à un atterrisseur lunaire commercial pour leur descente à la surface lunaire.

Artemis V Utilisant la configuration standard SLS (Space Launch System), la NASA prévoit de lancer cette mission à la surface lunaire d'ici la fin 2028, avec des missions suivantes prévues environ une fois par an.

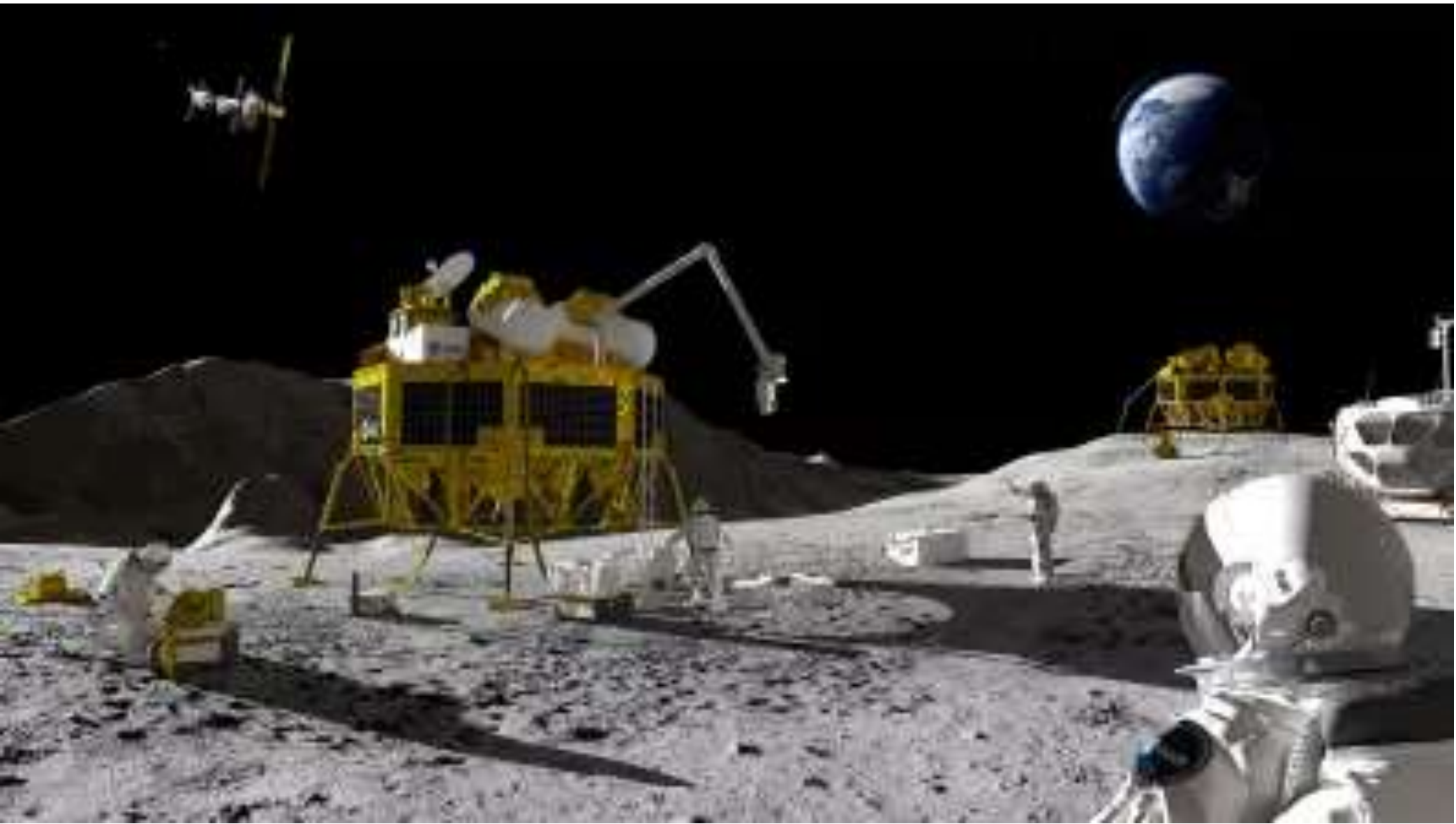
Base sur la Lune



Base sur la Lune



Base sur la Lune



<https://www.nasa.gov/moonbase-phases/>

Note sur ARTEMIS III

Note sur le calendrier : Suite à la complexité technique du ravitaillement en orbite, la NASA a réajusté son planning pour la mission Artemis III en 2027.

*Elle servira finalement de **répétition générale en orbite terrestre** où l'équipage d'Orion s'amarrera aux prototypes de SpaceX et de Blue Origin.*

Le premier véritable alunissage habité est désormais décalé aux missions suivantes

Le Lanceur

Une fusée spécifique a été conçue
sous maîtrise de la NASA et
construite pour ce programme
ARTEMIS

Rôle et caractéristiques du SLS dans le programme Artemis

Architecture technique : Le premier étage (Core Stage) utilise quatre moteurs cryogéniques RS-25, flanqués de deux propulseurs d'appoint à poudre (boosters) à 5 segments fournis par Northrop Grumman.

Évolutivité : Le SLS passera à la version Block 1B à partir de la mission Artemis IV, intégrant un étage supérieur plus puissant (Exploration Upper Stage) pour transporter des charges encore plus lourdes.

État d'avancement des missions (2026)

Artemis I (Novembre 2022) : Premier vol d'essai réussi, non habité, qui a validé les performances intégrées du SLS et de la capsule Orion autour de la Lune.

Artemis II (1er avril 2026) : Premier vol habité historique du SLS. Le lanceur a propulsé avec succès quatre astronautes (Reid Wiseman, Victor Glover, Christina Koch et Jeremy Hansen) pour une mission de survol lunaire de 10 jours avant leur retour sur Terre.

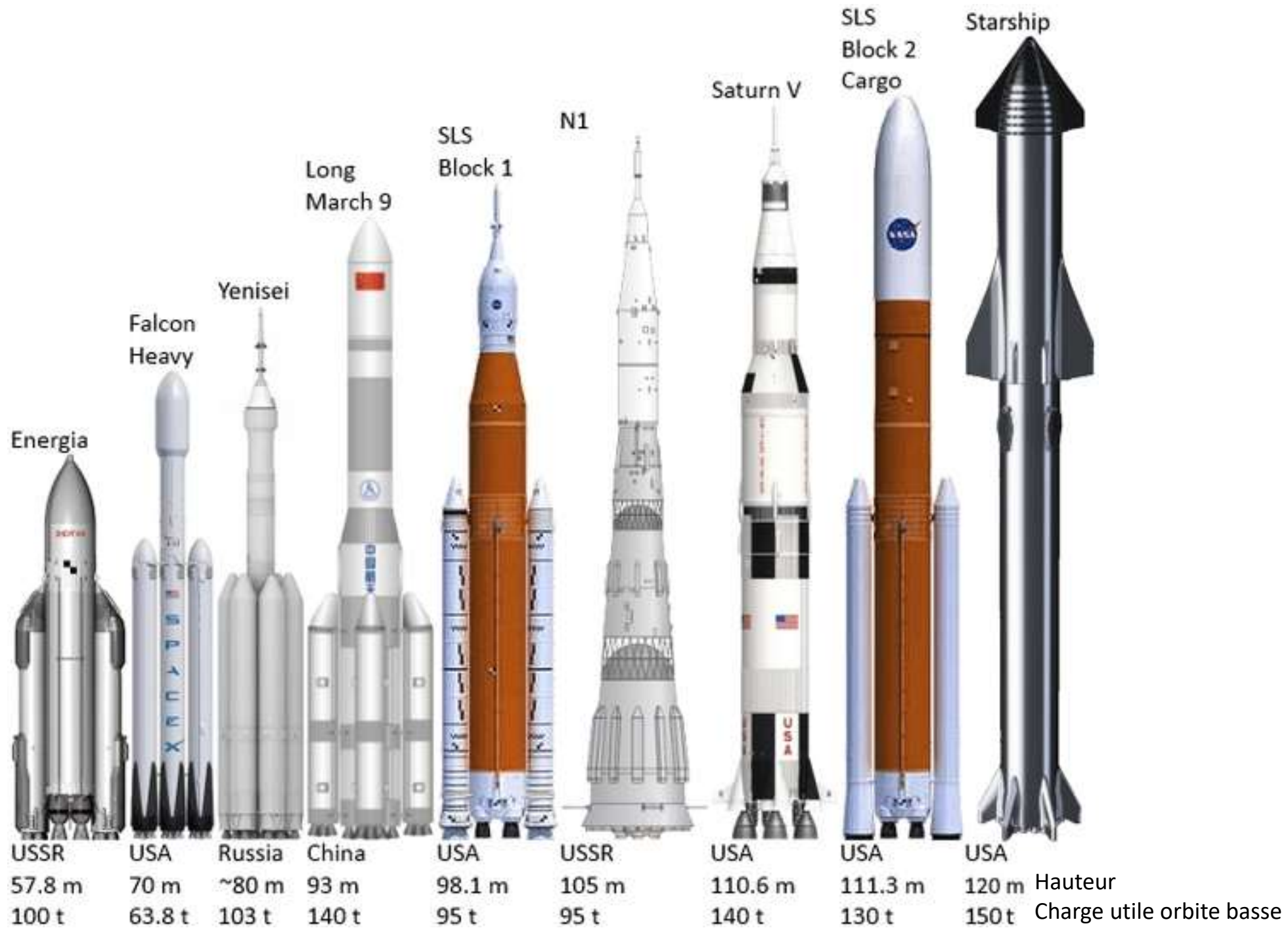
Les versions évolutives du (SLS)

Block 1 (Missions Artemis I, II, III) : Version actuelle. Elle utilise l'étage supérieur *Interim Cryogenic Propulsion Stage* (ICPS) avec un seul moteur RL10 projetant **27 tonnes** vers la Lune.

Block 1B (À partir d'Artemis IV) : Remplacement de l'ICPS par l' *Exploration Upper Stage* (EUS), équipé de quatre moteurs RL10 → **38 tonnes** sur la Lune, permettant d'envoyer la capsule Orion en même temps que des modules lourds pour la station orbitale Gateway.

Block 2 (Futures missions) : Remplacement des propulseurs à poudre actuels par de nouveaux boosters composites plus performants. Cette configuration ultime pourra propulser plus de **43 tonnes** vers la Lune.

Comparaison des lanceurs



Taille, poids et hauteur des lanceurs:

Saturn V mesurait 111 mètres ; Le SLS Block 1 mesure 98 mètres (plus haut que la Statue de la Liberté).

Masse au lancement : Saturn V pesait environ 2800 tonnes alimentée. Le SLS pèse environ 2600 tonnes alimenté.

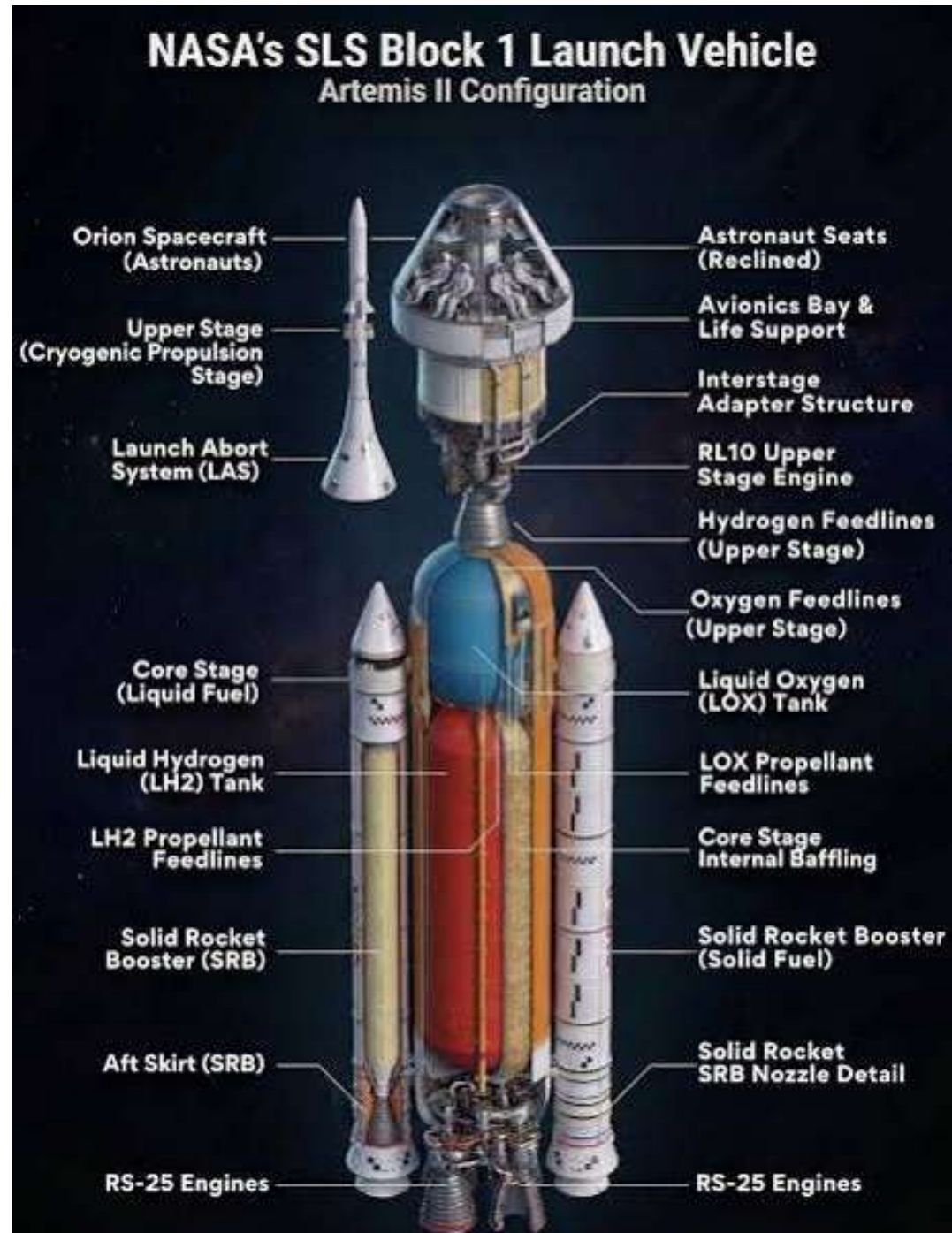
Poussée au décollage : Saturn V a généré environ 3 450 tonnes de poussée. Le SLS génère 3 990 tonnes de poussée maximale, mais dont la majeure partie est produite par les boosters qui ne fonctionnent que 2 mn, lors du lancement.

Charge utile en orbite lunaire: pour le SLS Block 1 (2 étages), c'est 27 tonnes, (rappelons que c'est 47 tonnes pour Saturn V, qui était une fusée à 3 étages plus performante).

Différences technologiques et de conception

Moteurs et carburant :
Saturn V utilisait une architecture à trois étages alimentée principalement par kérosène à oxygène liquide (kérolox) dans son premier étage.

Le SLS utilise une architecture à deux étages combinant un étage central fonctionnant à hydrogène-oxygène liquide (hydrolox) avec 2 propulseurs solides.



Objectif

Saturn V a été construit uniquement pour le programme Apollo afin d'amener des hommes sur la Lune.

Le SLS est conçu comme l'épine dorsale du programme Artemis visant à ramener les humains sur la Lune et à établir une infrastructure spatiale profonde à long terme.

Avionique

Saturn V s'appuyait sur des systèmes informatiques analogiques et numériques primitifs des années 1960.

Le SLS utilise des ordinateurs de vol modernes, des capteurs avancés et des systèmes de guidage numériques adaptés de l'aviation commerciale moderne et du programme de la navette spatiale.

Une nouvelle
combinaison
pour les
astronautes



. La combinaison AxEMU d'Axiom Space :

Un vaisseau autonome jetable

Appelée AxEMU (*Axiom Extravehicular Mobility Unit*), cette combinaison de nouvelle génération remplace les vieux modèles rigides de la NASA utilisés depuis les années 1980.

Mobilité articulaire maximale : L'un des plus grands défauts des combinaisons Apollo était leur rigidité (obligeant les astronautes à sautiller). L'AxEMU intègre des joints articulés avancés qui permettent aux astronautes de **se pencher, s'accroupir, s'agenouiller** et manipuler des outils géologiques avec une agilité inédite.

Gestion thermique extrême

Gestion thermique extrême : Le pôle Sud de la Lune alterne entre des zones fortement ensoleillées et des cratères plongés dans l'ombre éternelle, où la température chute sous les **-200 °C**.

La combinaison agit comme un bouclier thermique actif et résiste aux propriétés abrasives de la poussière lunaire.

Taille universelle et technologies

Conçue pour s'adapter à 90 % de la population (hommes et femmes) grâce à un système d'ajustement modulaire, elle intègre un sac à dos de survie (Life Support System) plus performant pour des sorties de longue durée.

Elle embarque aussi des caméras HD et des systèmes de communication modernisés.

Le Starship HLS de SpaceX : Un atterrisseur hors norme

Le Starship HLS (Human Landing System) est une version modifiée du vaisseau géant de SpaceX, spécialement adaptée pour **faire la navette entre l'orbite lunaire et le sol de la Lune.**

Un volume de vie inédit : Contrairement aux habitacles exigus du programme Apollo ou d'Orion, le Starship HLS offre plus de **600 m³ d'espace pressurisé.**

L'intérieur comprend un cockpit équipé de grands écrans tactiles, une zone de vie (cuisine, couchettes privées) et un laboratoire scientifique.



Starship standard : (à droite) Conçu pour le transport de charges et de passagers entre la Terre, l'orbite terrestre, la Lune et Mars. Il est taillé pour effectuer des retours et des rentrées atmosphériques brutales.

Starship HLS (Human Landing System) : (à gauche) Version lunaire spécifique développée pour le programme Artemis de la NASA. Sa mission unique est d'alunir depuis l'orbite lunaire

Le Starship HLS de SpaceX : Un atterrisseur hors norme

Le défi du ravitaillement orbital : En raison de sa masse gigantesque (environ 100 tonnes à vide), le Starship HLS ne peut pas quitter la Terre directement vers la Lune.

Il doit d'abord être lancé en orbite terrestre, où **plusieurs vols de Starships citernes (tankers) vont le ravitailler en propergols cryogéniques** (méthane et oxygène liquides) avant son départ.

Le Starship HLS de SpaceX : Un atterrisseur hors norme

Atterrissage en douceur : Pour éviter de soulever d'immenses nuages de poussière de régolithe qui pourraient endommager le vaisseau, le HLS utilise de petits **propulseurs secondaires placés haut sur la coque** pour les derniers mètres de la descente.

L'accès au sol lunaire par les astronautes s'effectue ensuite via un ascenseur externe le long du flanc de la fusée.

Artemis un tremplin vers Mars

Tremplin vers la planète Mars

TRAJET TERRE → LUNE → MARS

Itinéraire Artemis vers Mars (architecture "Moon to Mars" de la NASA)



1	TERRE → ORBITE TERRESTRE (LEO)	2	TERRE → LUNE	3	SÉJOUR LUNAIRE	4	LUNE → MARS	5	ARRIVÉE ET ORBITE MARTIENNE
	Lancement avec SLS et Orion. Mise en orbite terrestre basse.		Injection translunaire. Trajectoire de transfert vers la Lune.		Insertion en orbite lunaire. Séjour en orbite ou à la surface (Artemis Base Camp). Préparation au départ.		Injection transmartienne. Trajet vers Mars selon fenêtre de tir (alignement Terre-Mars).		Freinage et insertion en orbite martienne. Préparation pour exploration de Mars et retour éventuel.
	Durée : ~ 8 à 10 minutes		Durée : ~ 3 à 4 jours		Durée : de quelques jours à plusieurs semaines/mois		Durée : ~ 6 à 9 mois		Durée : ~ quelques jours pour l'insertion en orbite

ÉTAPE	TRAJET	DISTANCE MOYENNE	DURÉE ESTIMÉE	TRAJECTOIRE / ORBITE	À SAVOIR
1	Terre → orbite terrestre (LEO)	~ 200 à 400 km d'altitude	~ 8 à 10 min	Orbite terrestre basse	Fenêtres de tir Terre → Mars : tous les ~26 mois (alignement optimal). Vitesse en transfert Terre → Mars : ~ 25 000 km/h en moyenne. Durée totale estimée de la mission (aller simple) : ~ 7 à 10 mois (hors séjour prolongé sur Mars). Le retour depuis Mars vers la Terre nécessite une autre fenêtre de tir (~ 6 à 9 mois également).
2	Terre → Lune (transfert)	384 400 km	~ 3 à 4 jours	Trajectoire de transfert (orbite elliptique)	
3	Séjour / opérations lunaires	—	De quelques jours à plusieurs semaines/mois	Orbite lunaire (et/ou surface lunaire)	
4	Lune → Mars (transfert)	54 à 401 millions km (selon l'alignement)	~ 6 à 9 mois	Trajectoire de transfert (interplanétaire elliptique)	
5	Arrivée et orbite martienne	—	~ quelques jours (pour l'insertion en orbite)	Orbite martienne	

Durées et distances indicatives – variables selon les fenêtres de tir, les trajectoires et les technologies utilisées.

Tremplin vers la planète Mars

1. Le départ de la surface lunaire

Décollage : Les astronautes quittent la base de surface à bord d'un module de remontée réutilisable.

Rendez-vous orbital : Le module s'amarre à la station spatiale en orbite de Halo presque rectiligne (NRHO), la Gateway, ou directement au vaisseau de transport interplanétaire (le *Mars Transit Vehicle*).

Ravitaillement : Le vaisseau fait le plein de propergols. À terme, ce carburant (hydrogène et oxygène liquides) pourrait être extrait directement de la glace d'eau présente au pôle Sud lunaire.

Tremplin vers la planète Mars

2. L'injection trans-martienne

La fronde gravitationnelle : Plutôt que de foncer directement de la Lune vers Mars, le vaisseau lourd utilise l'orbite lunaire pour plonger vers la Terre.

L'effet Oberth : En frôlant la Terre à très haute vitesse au point le plus bas de sa trajectoire (périgée), le vaisseau allume ses moteurs principaux.

Cette manœuvre maximise l'énergie cinétique fournie par le carburant pour s'extraire définitivement de la gravité du système Terre-Lune.

Tremplin vers la planète Mars

3. La phase de croisière héliocentrique

Trajectoire de transfert de Hohmann : Le vaisseau suit une ellipse autour du Soleil qui croise l'orbite de Mars.

Durée du transit : Le voyage à travers l'espace profond dure entre **6 et 9 mois** selon l'alignement des planètes.

Protection : Durant cette phase, l'équipage reste confiné dans un module blindé pour se protéger du vent solaire et des rayons cosmiques.

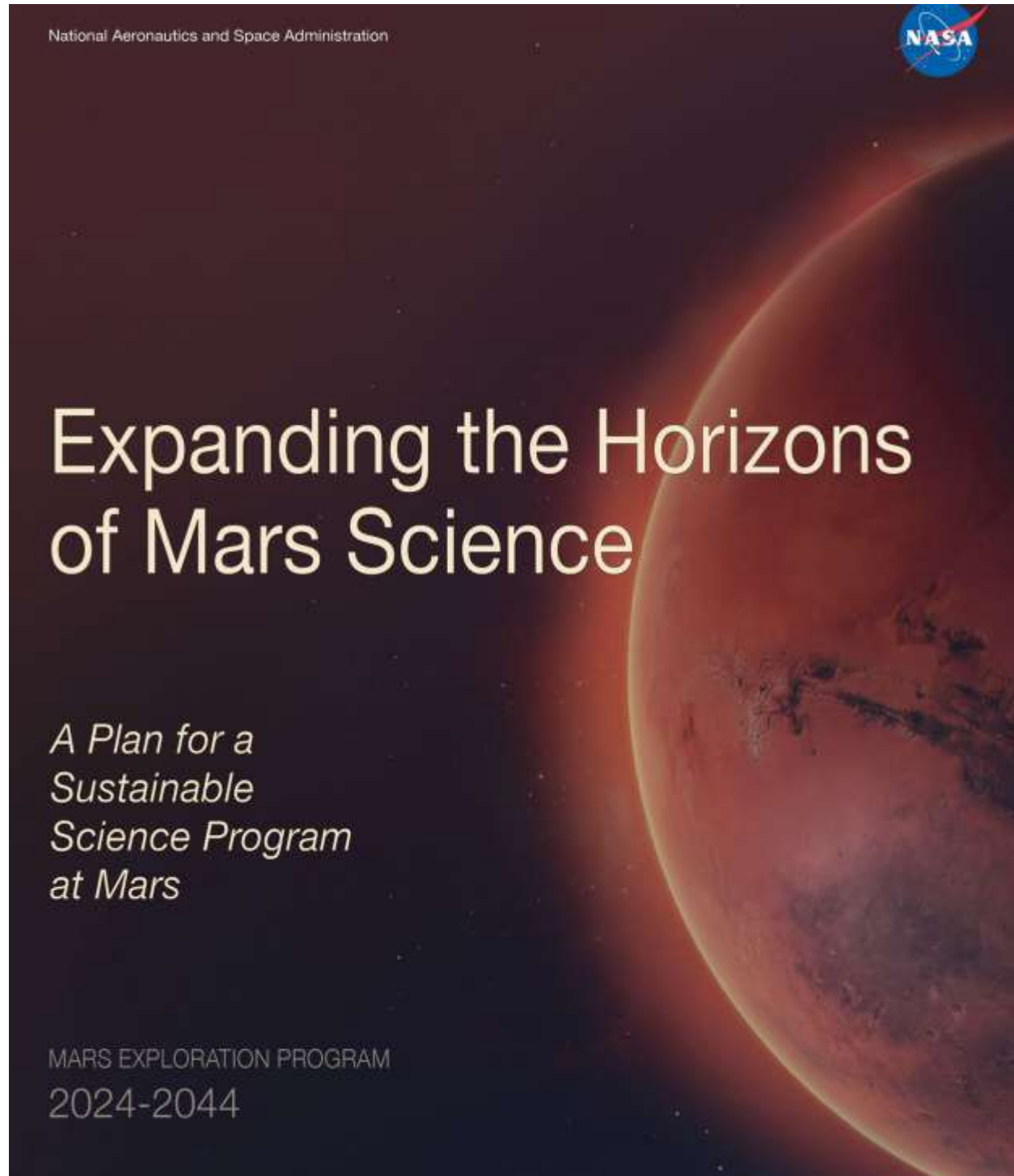
Tremplin vers la planète Mars

4. L'arrivée et la capture martienne

Aérofreinage ou insertion propulsive : À l'approche de la Planète Rouge, le vaisseau utilise la friction de la mince atmosphère martienne (aérofreinage) ou rallume ses moteurs pour freiner et s'insérer en orbite martienne.

Descente : L'équipage bascule dans un module d'atterrissage lourd pour se poser à la surface de Mars.

Aller et s'installer sur Mars



National Aeronautics and Space Administration



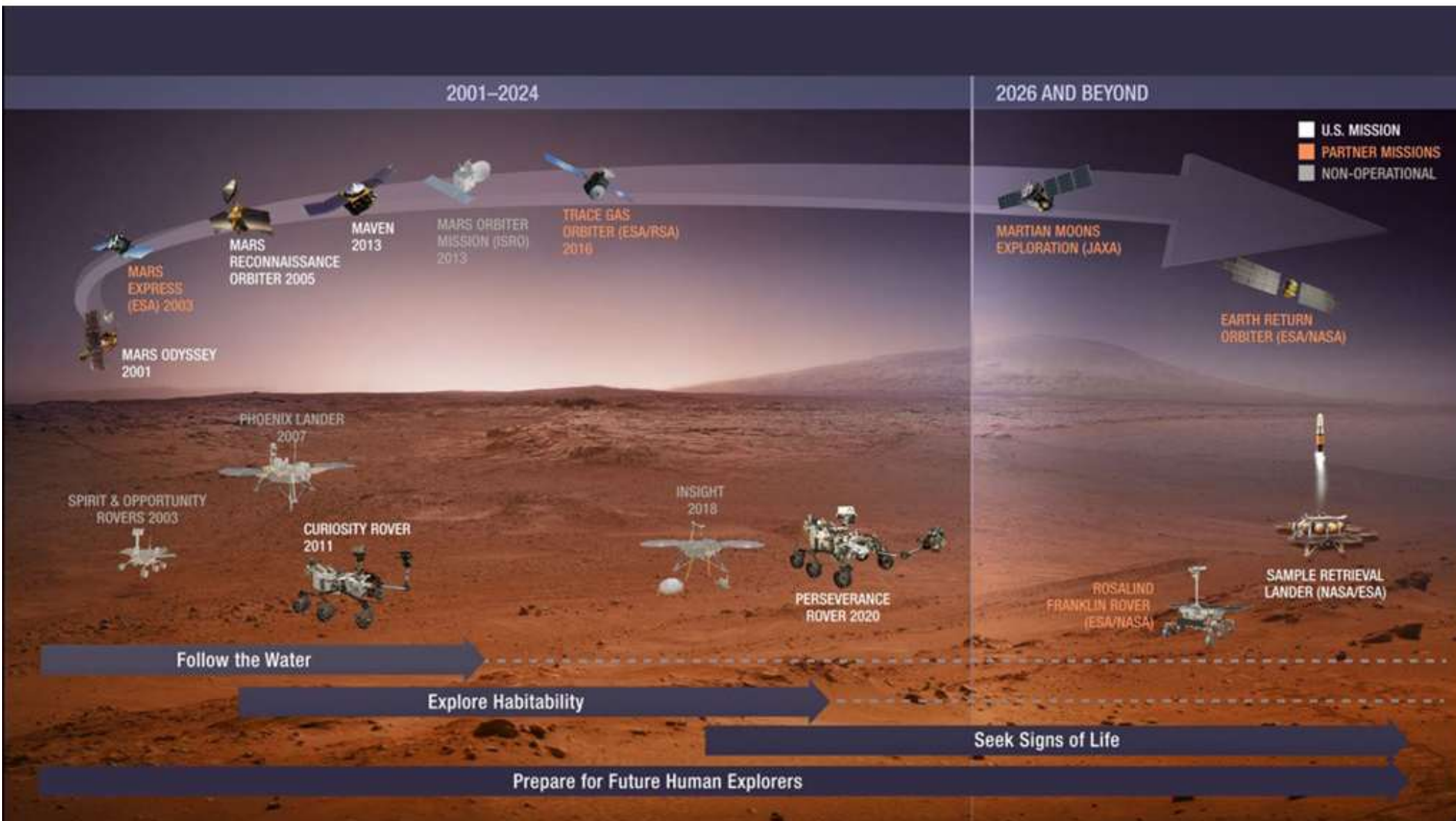
Expanding the Horizons of Mars Science

*A Plan for a
Sustainable
Science Program
at Mars*

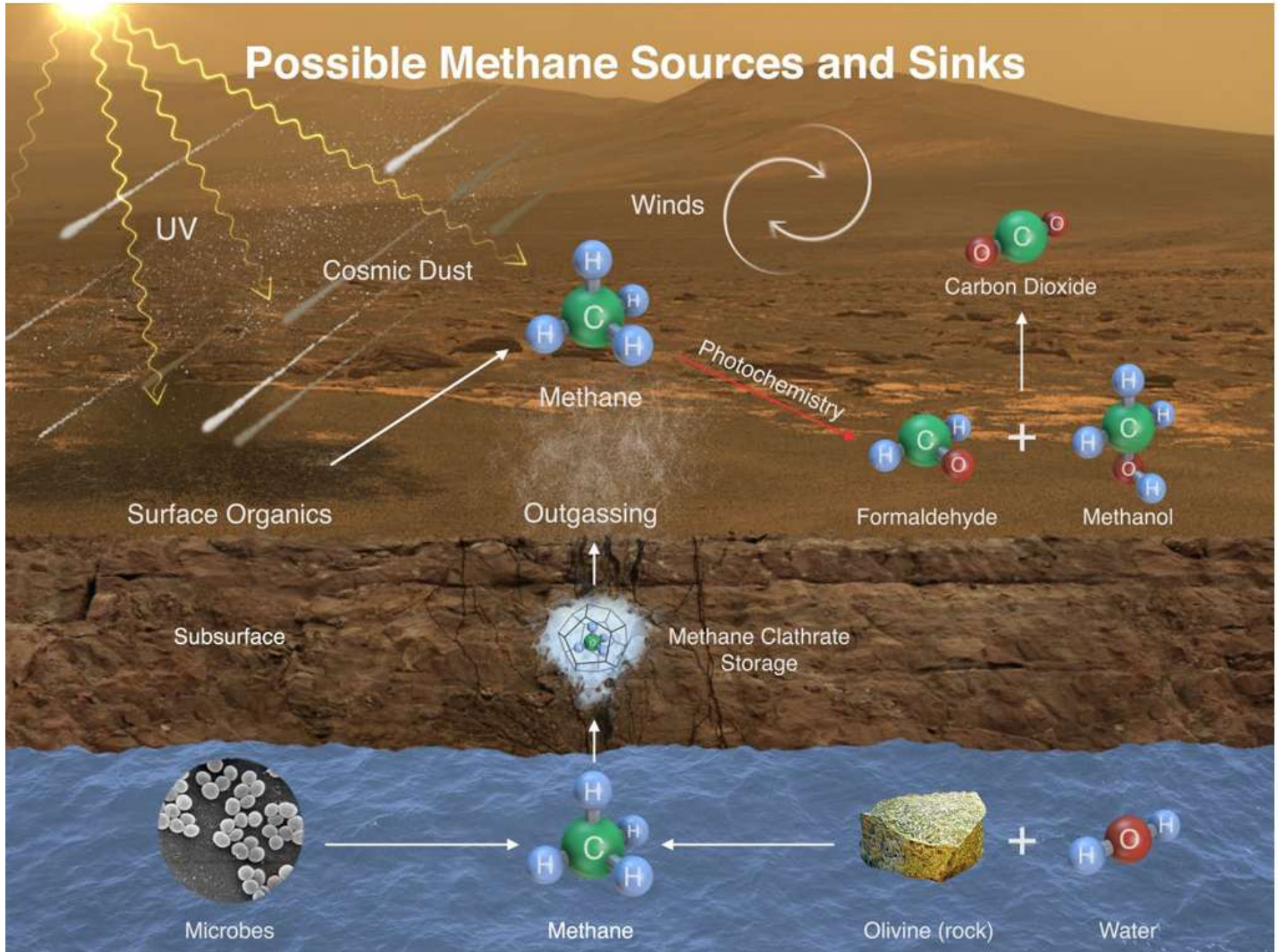
MARS EXPLORATION PROGRAM

2024-2044

L'exploration de Mars à ce jour et après



Les ressources disponibles pour la vie ?



Le plan de recherche à long terme



SE-6^M

LONG-TERM, PLANET-WIDE SCIENTIFIC RESEARCH

CROSSCUTTING

RT-1 INTERNATIONAL COLLABORATION
RT-2 INDUSTRY COLLABORATION
RT-6 RESPONSIBLE USE
(PEACEFUL PURPOSE & STEWARDSHIP)

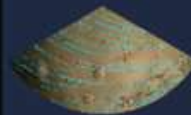
SE-3^M SAMPLING OF FROZEN VOLATILES
SE-5^M SITE CHARACTERIZATION
SE-7^M PRESERVE & PROTECT SPECIAL FEATURES



EXPLORING THE POTENTIAL FOR MARTIAN LIFE

LPS-4^M LIFE IN THE SOLAR SYSTEM

LPS-1^M SOLAR SYSTEM HISTORY
LPS-2^M ANCIENT & ACTIVE PROCESSES
LPS-3^M MARTIAN VOLATILES
HS-2^M HISTORY RECORDED IN REGOLITH
SE-3^M SAMPLING OF FROZEN VOLATILES
SE-5^M SITE CHARACTERIZATION



REVEALING MARS AS A DYNAMIC PLANETARY SYSTEM

LPS-2^M ANCIENT & ACTIVE PROCESSES

LPS-1^M SOLAR SYSTEM HISTORY
LPS-3^M MARTIAN VOLATILES
LPS-4^M LIFE IN THE SOLAR SYSTEM
HS-1^M SPACE WEATHER
HS-2^M HISTORY RECORDED IN REGOLITH
HS-3^M PLASMA/DUST-PLASMA PROCESSES
HS-4^M SOLAR WIND DYNAMICS
PPS-2^M PHYSICAL SYSTEMS &
FUNDAMENTAL PHYSICS



SUPPORTING THE HUMAN EXPLORATION OF MARS

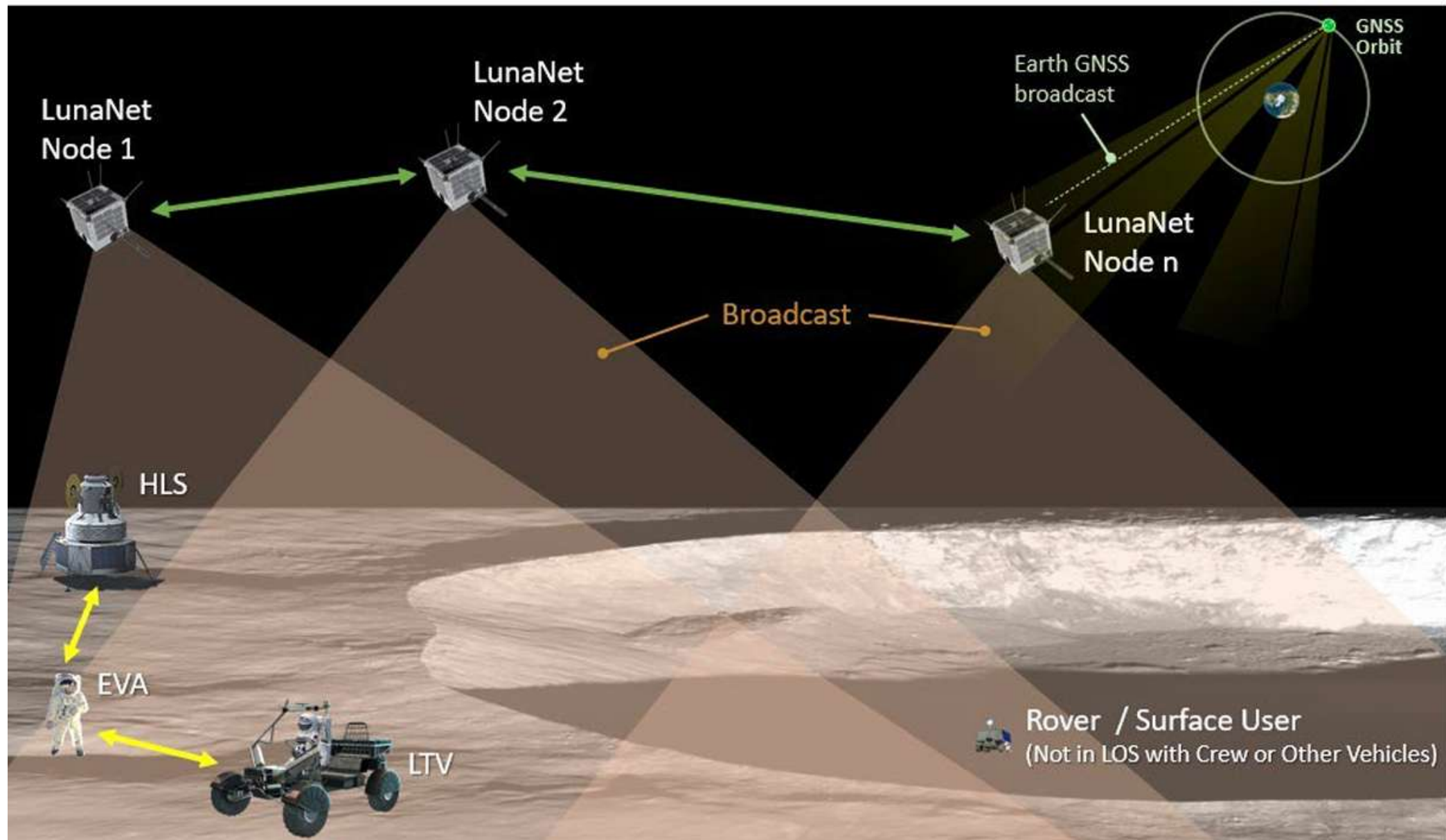
AS-2^M SCIENCE TO OPTIMIZE HUMAN CAMPAIGNS

AS-1^M CHARACTERIZATION OF ENVIRONMENTS
AS-3^M MARS ENVIRONMENTAL SCIENCE
(FOR LIFE-SUPPORT DESIGN)
HBS-1^M MARS ENVIRONMENTAL HAZARDS
OP-3^M ACCESSIBLE RESOURCE CHARACTERIZATION
OP-4^M COMMAND & CONTROL PROCESSES
(SCIENCE OPS)
OP-11^M ISRU REGOLITH DEMONSTRATIONS
OP-12^M MARS ENVIRONMENTAL SCIENCE
(FOR SUSTAINABILITY)
RT-4 CREW TIME (SCIENCE ACTIVITIES)
SE-1^M MISSION-SPECIFIC SCIENCE TRAINING
SE-2^M REMOTE SUPPORT OF ASTRONAUTS
FROM SCIENTISTS ON EARTH
SE-4^M MISSION-SPECIFIC SAMPLE SCIENCE
PRIORITIES

Forages sur Mars



Les communications



Construire une base sur Mars



Exploration de Mars



Vue d'artiste en forme d'allégorie



Artist's concept. NASA

La conquête de Mars fait-elle consensus?

Au-delà de ses fervents et inconditionnels promoteurs (E.MUSK et cie), cette conquête répond à une **aspiration** de l'humanité l'incitant à toujours repousser ses frontières. Celle sur Terre étant supposée avoir atteint ses limites, c'est naturellement vers l'espace que cette **aspiration** se tourne.

Il y a ceux qui considèrent que l'argent investi dans ces programmes trouverait un meilleur usage sur Terre: lutte contre le réchauffement climatique, la pauvreté, les maladies, par exemple.

Et puis, comme toujours il y a les laissés pour compte!!

Pour conclure, un témoignage poignant de ceux-ci...

Le témoignage du martien de jardin



*C'est bien
beau tout ça
mais qu'est-
ce qu'on va
devenir?*