

109

[www.albireo78.com](http://www.albireo78.com)

*Albireo*<sup>78</sup>

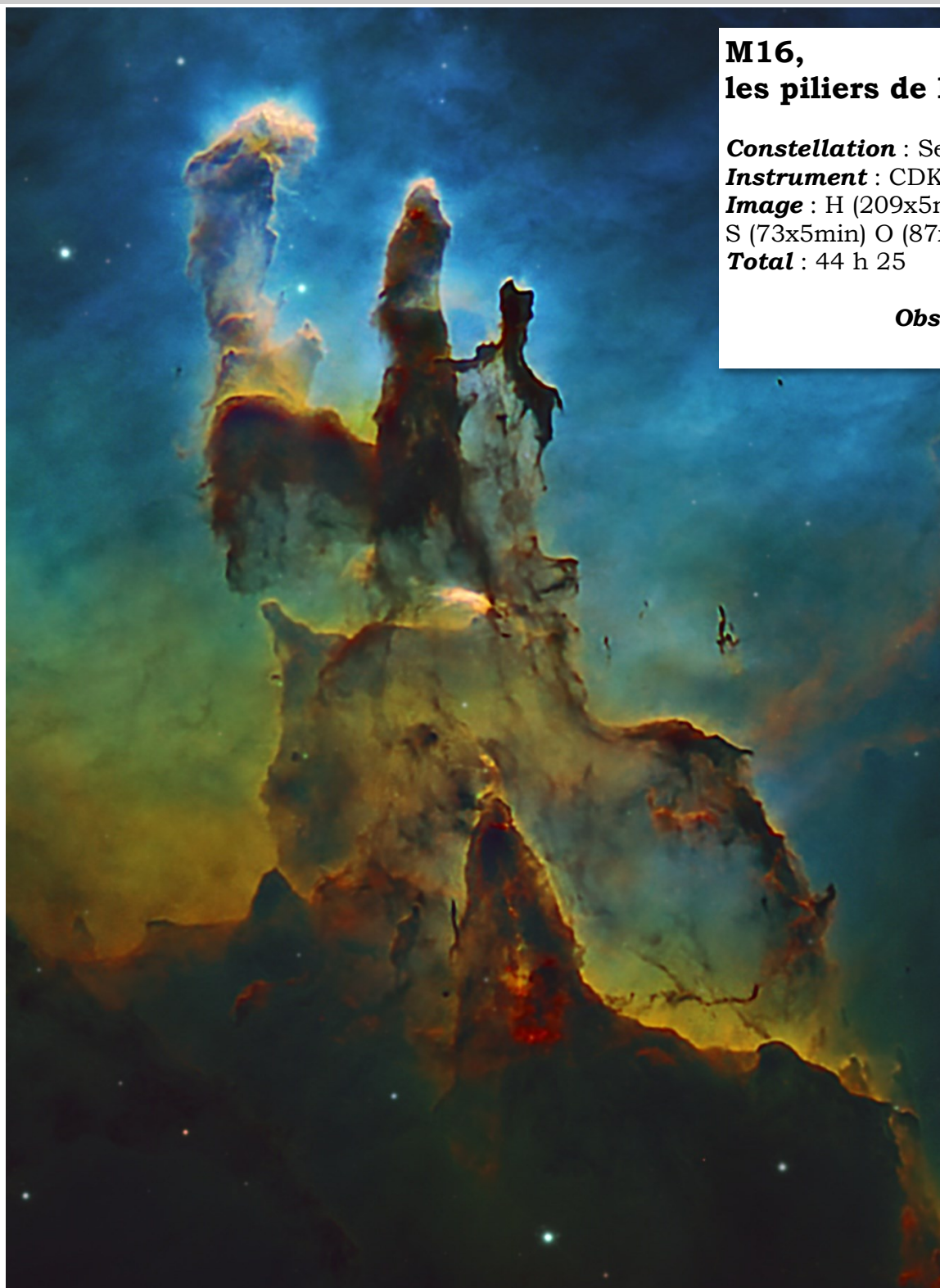
février 2024

# L'ALBIREOSCOPE



*Nouvelles de l'univers proche*  
*les aurores boréales*

*Observatoire Atria*



## **M16, les piliers de la création**

**Constellation** : Serpent

**Instrument** : CDK 17"

**Image** : H (209x5min + 82x10min)  
S (73x5min) O (87x5min)

**Total** : 44 h 25

**Observatoire Atria,**

La nébuleuse de l'Aigle (M16) se trouve à 7000 al dans la constellation du Serpent. En son cœur les célèbres piliers de la création, sculptés par les puissants vents stellaires des jeunes étoiles chaudes et massives qui éclairent toute la nébuleuse. Ces étoiles massives créent des zones à forte densité en poussière d'où naissent des étoiles moins massives de type Soleil. Mais elles contribuent aussi à éroder en permanence ces piliers. D'une longueur de 4 à 5 al, on évalue leur masse totale à 200 masses solaires. Mais les vents stellaires les érodent à la vitesse de 70 masses solaires par millions d'années, ils auront donc totalement disparu dans 3 millions d'années.



# Sommaire

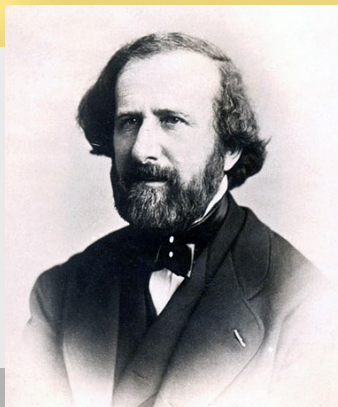
## 4

*Michel*

## Nouvelles de l'univers proche



## 42



## C'est arrivé ce jour-là...

## 46

## les aurores boréales

Voyage en Norvège...



## 52



## Galerie photos



# ISS

## Obsolescence programmée ?

### Que va-t-il se passer après ?

Tout a commencé avec le module de base russe **Zarya**, qui a été lancé le 20 novembre 1998. C'était le premier segment de la Station Spatiale Internationale, lancé il y a un peu plus de 25 ans ; c'est une fusée proton-K qui a emporté ses 19 tonnes en orbite, dont 3 tonnes de propulseur. *Zarya* (Aube [*d'une nouvelle ère de coopération internationale dans l'espace*]) procurait l'électricité, le magasinage, la propulsion et le guidage de la station lors du début de son assemblage, qui sera constitué d'une quinzaine de modules.

La fondation initiale du bloc russe *Zarya* (appelé aussi FGB : bloc fonctionnel cargo) va créer l'ISS, un monstre de 400 tonnes mesurant plus de 100 mètres d'envergure, plus long qu'un terrain de football, et qui est occupé continuellement depuis 2020. Tout au long du 21<sup>ème</sup> siècle, l'ISS a volé au-dessus de nous et s'est agrandie au fil des années. Au fur et à mesure que la lumière du soleil l'attrape, la structure tentaculaire devient l'étoile la plus brillante du coucher ou de l'aurore du Soleil pour qui sait la dénicher au bon moment dans le ciel, car elle file vite sur son orbite (90 minutes pour faire le tour de la Terre à environ 400 km d'altitude).

Cependant, ces dernières années, l'ISS a attiré l'attention avec des articles négatifs dans les journaux : station vieillissante avec des micro-fractures provoquant des fuites d'air, raté d'allumage de propulseur qui a rendu l'ISS incontrôlable, plus grand nombre de quasi-accidents par suite

**La Station Spatiale Internationale a célébré son 25<sup>ème</sup> anniversaire en novembre 2023, en pleine jeunesse direz-vous. Et pourtant, tout nous indique qu'elle est plus proche de sa fin que de son début.**

de débris spatiaux près de son orbite, fuites de liquide de refroidissement des vaisseaux Soyuz et Progress, soupçons de sabotage de vaisseau transporteur, interruption des communications avec les contrôleurs au sol américains de la

NASA en juillet et, bien sûr, depuis l'invasion de l'Ukraine par Moscou, dans un contexte de conflits diplomatiques en cours entre la Russie et les autres partenaires de l'ISS avec les États-Unis : Agence spatiale européenne (ESA), Canada et Japon.

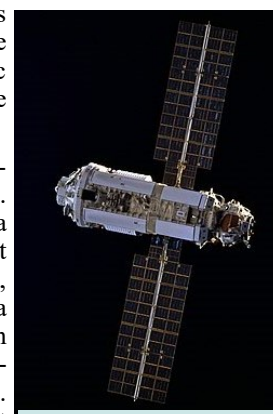
Mais la gravité des dysfonctionnements signalés est souvent surestimée. Comme tout au long de la vie de la station, son caractère international est source de résilience. Par exemple, lorsque les communications de la NASA ont subi une coupure en juillet, le contrôle de mission de Moscou a pris le relais avec efficacité. Lorsque les navires de ravitaillement russes ont connu des fuites de liquide de refroidissement – une capsule Soyuz en décembre 2022, puis un cargo Progress en février – les vaisseaux spatiaux américains Dragon et Cygnus restaient disponibles.

### Compte à rebours jusqu'à une finale enflammée

Tous les partenaires internationaux, sauf un, se sont engagés à maintenir l'ISS en vol jusqu'au début de 2031 ; le russe Roscosmos s'est jusqu'à présent engagé jusqu'en 2028 (malgré de précédentes protestations). En pratique, Roscosmos sera nécessaire jusqu'à la « mise au rebut » de l'ISS, qui devrait prendre la forme d'une désorbitation contrôlée si cette façon d'en finir



Lancement de Zarya

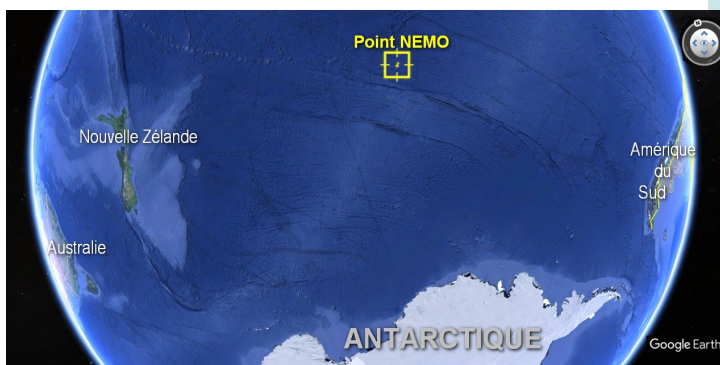


Zarya  
(vue par Endeavour STS-88)



est confirmée. En fonction de la densité de l'atmosphère, qui est fortement influencée par le cycle solaire, l'altitude de l'ISS pourra diminuer à partir de fin 2026 (l'étoile "ISS" vue de la Terre deviendra alors encore plus brillante).

Une fois qu'elle atteindra 333 km (par rapport à son altitude actuelle de 400 km) vers la fin de cette décennie, l'ISS ne pourra plus rester occupée. Début 2031, les tirs des propulseurs du module de service Zvezda, contrôlé par les Russes, dirigeront la station vers une rentrée atmosphérique au-dessus de Point Nemo dans le Pacifique Sud.



Position approximative du Point NEMO dans le Pacifique Sud.

Il s'agit, *a priori*, du point le plus reculé de la Terre, depuis longtemps utilisé comme cimetière aquatique pour les vaisseaux spatiaux en perdition programmée. Si vous vous retrouvez sur un bateau dans cet endroit éloigné, il est probable que la personne la plus proche serait un astronaute dans la Station Spatiale Internationale, en orbite à environ 400 km au-dessus de vous. L'option de « réorbiter » l'ISS sur une orbite plus élevée a été rejetée car la station non contrôlée sera forcément heurtée par des débris à un moment donné, d'autant que le ciel est de plus en plus occupé...

« En termes simples, cela vieillit », explique Thomas Neil Sheasby, responsable de l'équipe d'ingénierie du groupe d'exploration sur orbite terrestre basse de l'ESA. « Les modules de l'ISS sont chauffés et refroidis 16 fois par jour [avec les passages du jour à la nuit]. Il y a des micro-vibrations provenant des amarrages, des "reboosts" et de l'équipage en mouvement - tout cela conduit à la fatigue [des matériaux]. À l'intérieur, on trouve des équipements fabriqués sur mesure qui deviennent obsolètes, ce qui rend plus difficile l'obtention de pièces de rechange. Dans l'espace, tout vieillit plus rapidement : il y a des dommages causés par les radiations, de sorte que des éléments tels que les disques SSD des ordinateurs portables sont corrompus. Ajoutez à cela l'usure normale de tout... des ventilateurs d'air aux pompes à eau. Ce que nous faisons maintenant, c'est réaliser un exercice pour voir où nous pouvons faire, où nous avons encore des pièces de rechange, puis dresser une liste de courses de ce qui devra être mis à jour d'ici 2031 ». Le propre module ISS de l'ESA, le laboratoire Columbus, résiste bien, ajoute Richard Braeken, qui est responsable de l'équipe d'intégration et de maintenance de



Thomas Neil Sheasby



## POINT NEMO

### LE CIMETIÈRE DES VAISSEaux SPATIAUX DU MONDE

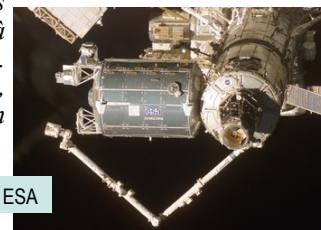
C'est l'endroit où les vaisseaux spatiaux vont mourir car dans notre monde, ce qui monte doit finir par redescendre...

En effet, lorsqu'un satellite ou un vaisseau spatial atteint la fin de sa vie, il finit presque toujours par revenir sur Terre.

Pour des petits satellites, ce n'est pas vraiment un problème (quoi que...) : ils brûleront dans l'atmosphère avant même de présenter un risque pour nous qui sommes sur le terrain. Pour les gros morceaux de débris spatiaux, comme les étages de fusée ou les stations spatiales, le risque est plus élevé et des fragments survivront à la rentrée et heurteront la surface. Dans cette optique, les agences spatiales s'efforcent de déposer les engins spatiaux déclassés à des endroits précis, mais c'est un processus nécessairement chaotique. Lorsque les vaisseaux spatiaux heurtent l'atmosphère, ils se fracturent et brûlent partiellement et n'importe lequel des morceaux survivants peut tomber sur une vaste zone de manière inattendue. Donc, si vous voulez que votre point de rentrée soit aussi loin que possible de toute terre habitée, il n'y a rien de plus éloigné que le Point Nemo.

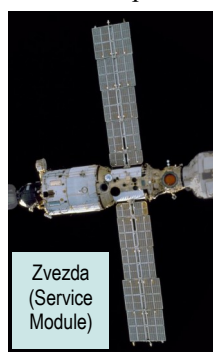
Selon une étude, dans le cimetière sous-marin des vaisseaux spatiaux, les agences spatiales du monde entier ont largué plus de 263 débris spatiaux depuis 1971. Le "spot" est choisi pour des raisons évidentes : larguer des vaisseaux spatiaux sur le Point Nemo réduit le risque que des objets survivants heurtent des personnes ou des biens.

l'Agence. « Columbus est situé du côté avant de l'ISS lorsqu'elle orbite, ce qui le rend particulièrement vulnérable aux débris. Sa structure principale est complétée par une structure de protection secondaire, le système de protection contre les micrométéorites et les débris spatiaux, composé de panneaux à simple et double pare-chocs. Dans la pratique, cependant, nous n'avons rencontré aucun problème structurel ».



Module Columbus ESA

Il en va de même pour les autres modules américains et japonais, mais en septembre 2019, le module de service russe Zvezda a commencé à fuir. Une certaine perte d'air de l'ISS est normale, à cause des amarrages, aux sorties dans l'espace et à la purge continue des gaz résiduels. La norme statistique est de 0,27 kg d'air perdu par jour, mais cette perte a soudainement doublé pour atteindre 1,3 kg par jour, un an plus tard. En fermant systématiquement les écrouilles entre les sections, la perte a été attribuée au module Zvezda. Des feuilles de thé en vrac avaient été placées flottantes pour localiser la fuite et celles-ci ont dérivé vers le tunnel de transfert reliant le port d'amarrage arrière. Trois fissures capillaires ont été identifiées, la plus grande mesurant 22 mm de diamètre, puis scellées. Cependant, les pertes d'air élevées sont restées, de sorte que le tunnel de transfert est désormais scellé pendant les opérations normales. Selon un rapport de l'inspecteur général de la NASA, les fuites sont moins susceptibles d'avoir été créées par des dommages causés par des micrométéorites que par la fatigue quotidienne du métal, chose rencontrée pour la première fois lors des voyages en avion, où les contraintes structurelles déclenchent des micro-fractures.



Zvezda (Service Module)

Les modèles d'évaluation de la durée de vie structurelle de la NASA n'avaient pas montré que Zvezda était un emplacement risqué ; bien que les modules de la NASA aient été certifiés en matière de sécurité jusqu'en 2028 et ceux de Roscosmos jusqu'en 2024, ce problème a donc soulevé des inquiétudes concernant d'autres modules...



Le cosmonaute Sergueï Prokopyev s'exerce à l'intérieur du module Zvezda. La condition physique est devenue particulièrement importante après qu'une fuite dans le module Soyouz a obligé l'équipage à rester "coincé" sur l'ISS pendant plus d'un an.

Depuis lors, la société aérospatiale russe Energia a également identifié des « fissures superficielles » dans le module Zarya, vieux de près de 25 ans, même s'il n'est pas clair si elles sont associées à une perte d'air.

Autre effet lié au vieillissement : les panneaux solaires d'origine de la station se dégradent, réduisant ainsi leur production d'énergie. En réponse, une nouvelle génération de panneaux solaires de type volet roulant a été déployée au-dessus des panneaux précédents ; six sur huit ont été installés jusqu'à présent. Ceux-ci fonctionnent avec les éléments non ombragés des anciens panneaux pour produire plus d'énergie électrique que jamais (jusqu'à un maximum de 250 kilowatts, soit une augmentation de 30 pour cent), et qui est stockée dans des batteries lithium-ion améliorées pour être utilisée chaque fois que la station n'est plus exposée au Soleil.

### La station montre son âge

Sans surprise, il est difficile de conserver une odeur agréable dans une station spatiale occupée en permanence, et même si certains modules ont des hublots, pas question d'ouvrir pour s'offrir un bol d'air frais...

Selon l'astronaute vétérinaire Scott Kelly : « Avec ses occupants également enfermés, une prison bondée sent beaucoup l'ISS ».

L'ISS, d'un volume équivalent à celui d'un Boeing 747, est occupée en continu depuis plus de 22 ans. Alors, ça sent quoi ? L'astronaute américain Scott Kelly a déclaré au magazine Wired : « Je visitais la prison du comté de Harris [au Texas], et il y a cette pièce qui



Scott Kelly a passé plus de 500 jours dans l'espace au cours de ses différentes missions.



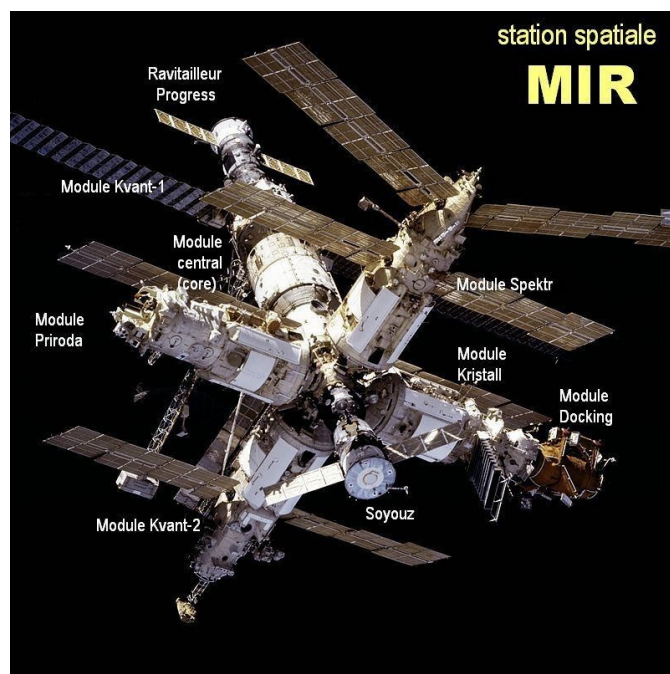
sent la station spatiale ... une combinaison d'antiseptique, d'ordures et d'odeur corporelle ».

Il a ajouté qu'en l'absence de gravité, les odeurs corporelles telles que celles des pets ont tendance à persister...

L'astronaute britannique Tim Peake a déclaré que cela sentait « comme un barbecue qui a mal tourné », tandis que l'astronaute italienne Samantha Cristoforetti a évoqué une « odeur particulière »... à laquelle elle a dû s'adapter.

Aucune odeur ne peut être trop mauvaise, grâce au contrôle de qualité de l'atmosphère de l'ISS : l'air du module circule par des ventilateurs à travers un système de filtration qui comprend des lits de charbon actif (comme le "mange-odeur" dans les chaussures) pour éliminer les produits chimiques indésirables et les odeurs nocives.

L'intérieur de l'ISS a toutefois mieux résisté que la station spatiale russe Mir, qui sentait le moisi...



### La station spatiale russe Mir

photographiée en janvier 1997 par un membre de l'équipage de la cinquième mission d'amarrage Shuttle/Mir, STS-81.

Le Progress était une version automatisée et sans pilote du véhicule de transfert d'équipage Soyouz, conçue pour réapprovisionner la station Mir. Le vaisseau Soyouz transportait généralement trois membres d'équipage vers et depuis la station Mir.

Le module Kvant-1 a permis des recherches sur la physique des galaxies, des quasars et des étoiles à neutrons, en mesurant les spectres électromagnétiques et les émissions de rayons X.

Le module Core servait de cœur à la station spatiale et contenait les principales zones de vie et de travail, le système de survie et l'alimentation électrique, ainsi que les principaux équipements informatiques, de communication et de contrôle.

L'objectif principal de Priroda était la télédétection de la Terre.

Le module Spektr assurait l'observation de la Terre. Il a également soutenu la recherche dans les domaines de la biotechnologie, des sciences de la vie, de la science des matériaux et des technologies spatiales. Les astronautes américains utilisaient ce module Spektr comme logement.

Kvant-2 était un module scientifique offrant des capacités de recherche biologique, d'observation de la Terre et aussi un sas pour permettre les EVA (activités extravéhiculaires).

L'un des objectifs principaux du module Kristall était de développer des technologies de production biologique et matérielle dans l'environnement spatial et le module d'amarrage (docking) a permis à la navette spatiale de s'amarrer facilement à Mir.

Le voyage de la station spatiale russe, vieille de 15 ans, s'est terminé le 23 mars 2001, lorsque Mir est rentré dans l'atmosphère terrestre et qu'elle est tombée dans l'océan Pacifique sud.



Cette station Mir, apparemment parfumée à la moisissure, est devenue célèbre pour celle-ci et les champignons, au cours de la dernière partie de sa durée de vie de 15 ans.

En conséquence, des revêtements hydrofuges ont été ajoutés aux intérieurs de l'ISS pour aider à éviter ce problème, d'ailleurs fréquent ici bas, dans des maisons trop isolées et où l'air frais ne circule plus assez.

### Avant l'échéance fatidique...

Il est probable que des ajouts à l'ISS, avant sa retombée dans l'océan, survivent :

- la société américaine Axiom Space, qui s'est récemment illustrée par une nouvelle mission vers l'ISS en février 2024, devrait amarrer, à partir de 2026, quatre nouveaux modules à la station, avec le lancement de Hab One. Ces modules combinés seront testés au cours des dernières années de l'ISS, puis séparés pour devenir une station spatiale commerciale indépendante. Axiom's est l'une des nombreuses stations du secteur privé soutenues par les accords NASA Space Act.
- Les opportunités sont en plein essor pour des entreprises



DSS a fabriqué des panneaux solaires technologiquement innovants pour l'ISS

comme Deployable Space Systems, qui a modernisé les panneaux solaires de l'ISS, afin de développer des technologies innovantes pour ses successeurs.

- Les quartiers de l'équipage conçus par Philippe Starck, et prévus pour Axiom avec, sans doute, la première station spatiale commerciale au monde.

### Un design Philippe Starck

Du confort pour attirer les aventuriers de l'espace...

Tout comme l'agence américaine s'est tournée vers les lancements avec équipage par le secteur privé, l'objectif est de commercialiser l'orbite terrestre basse comme destination, et la NASA sera un client parmi tant d'autres...

Cependant, la NASA a déclaré récemment que la Station Spatiale Internationale (ISS) pourrait rester en orbite au-delà de sa date de fin actuellement prévue : 2030. L'agence avait espéré que les stations spatiales commerciales seraient prêtes à intervenir d'ici là, permettant à la station spatiale vieillis-

sante de « prendre sa retraite », mais la NASA a maintenant officiellement confirmé que le calendrier est flexible. Et les contraintes budgétaires gouvernent la Science...

**L'avenir ne verra pas une seule station spatiale mais plusieurs. La commercialisation signifie que diverses stations peuvent développer leurs propres niches spécialisées. L'ISS, relativement spacieuse et luxueuse, pourrait bien être dotée d'un glamour rétrospectif et nous manquer quand elle aura disparu. Les futurs habitants de l'espace pourraient regarder avec nostalgie l'esprit de coopération internationale qui était bien présent, mais caché derrière l'ISS, une époque révolue où une grande partie du monde parvenait à travailler ensemble.**

### Stations nouvelle génération.

Si tout se passe comme prévu, l'occupation humaine de façon continue dans l'espace s'étendra bien au-delà de la durée de vie de l'ISS (et de la station chinoise Tiangong). Composé de vétérans de la NASA, Axiom a déjà entrepris la première mission entièrement privée de l'ISS, tandis que la construction de deux modules de sa station est en cours d'achèvement, à côté de Thales Alenia Space à Turin — un leader mondial, ayant construit plusieurs modules de l'ISS, ainsi que la coque sous pression du transporteur Cygnus qui ravitaille l'ISS.

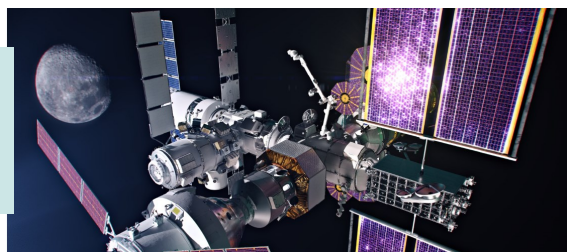
L'entreprise renforce également les contributions de l'Europe à la passerelle lunaire, successeur spirituel de l'ISS, en impliquant tous les partenaires de l'ISS, à l'exception de la Russie bien évidemment. D'une taille d'à peine un sixième de l'ISS, composée de modules compacts, cette station fonctionnera en orbite elliptique autour de la Lune. Quatre astronautes y resteront jusqu'à 30 jours par visite, limite imposée par la nécessité d'apporter leur propre air et leur propre eau à bord de leur vaisseau spatial Orion. La Gateway sera peut-être plus petite, mais elle sera également plus solide, déclare João Gandra, ingénieur matériaux et procédés de l'ESA : « Les coques sous pression de la Gateway, ainsi que celles d'Axiom et des dernières versions de Cygnus, sont sensiblement les mêmes que celles de l'ISS, fabriquées à partir d'un alliage d'aluminium et de cuivre standard. La grande différence est qu'elles sont désormais soudées à l'aide du "soudage par friction malaxage", une technique conçue au Royaume-Uni qui ramollit plutôt que de fondre les métaux, en appliquant une friction pour les joindre. Cela se traduit par des soudures plus solides avec des performances améliorées ». La passerelle sera également plus intelligente ; inoccupée pendant une grande partie d'une année donnée, elle fonctionnera davantage comme un satellite que l'actuelle ISS, avec un haut niveau d'autonomie à bord. Le type de maintenance effectué lors des sorties dans l'espace de l'ISS sera assuré par le propre bras robotique de la passerelle. *A priori*, les deux premiers modules devraient être lancés fin 2025, mais la station ne disposera même pas de sas avant la fin de cette décennie.



João Gandra

NASA  
Programme  
ARTEMIS

Gateway  
lunaire



## Les stations spatiales futures

Voici quelques projets, plus ou moins avancés, pour établir une présence dans l'espace en orbite terrestre basse. Une fois l'ISS désorbitée, l'accès humain à l'orbite terrestre basse devrait continuer sans interruption. Différentes stations spatiales sont en développement, à commencer par une, déjà en vol : la Station spatiale chinoise.

**Tiangong (Chine)** : la station spatiale Tiangong, composée de trois modules et dotée d'un équipage permanent, devrait survivre à l'ISS. Un module de télescope spatial la rejoindra bientôt.



La station spatiale chinoise Tiangong (octobre 2023) vue par l'équipage de Shenzhou 16 à sa sortie de la station (Image : CMSE).

L'équipage de la mission chinoise Shenzhou 16 a capturé de belles images de la station spatiale Tiangong alors qu'ils repartaient vers la Terre. Les images, prises avec une caméra haute définition, représentent pour la première fois la structure complète de la station spatiale Tiangong qui est ainsi entièrement photographiée depuis son arrivée en orbite. Avant de débarquer, l'équipe de Shenzhou 16 a confié le contrôle de la station spatiale à l'équipage de Shenzhou 17, qui est arrivé à Tiangong le 26 octobre. Les trois taïkonautes (astronautes chinois) composés du commandant Jing Haipeng, Zhu Yangzhu et Gui Haichao ont ensuite quittés la station spatiale Tiangong le 30 octobre dans la capsule de retour Shenzhou 16 qui les a ramenés sur Terre le même jour.

En orbite depuis avril 2021 et prévue pour durer au moins une décennie, la Chine espère que la station deviendra une nouvelle plaque tournante de la coopération internationale post-ISS.

### Station spatiale Axiom (États-Unis)

Cette station commerciale de quatre modules sera utilisée pour la fabrication, l'expérimentation et le tourisme dans l'espace.

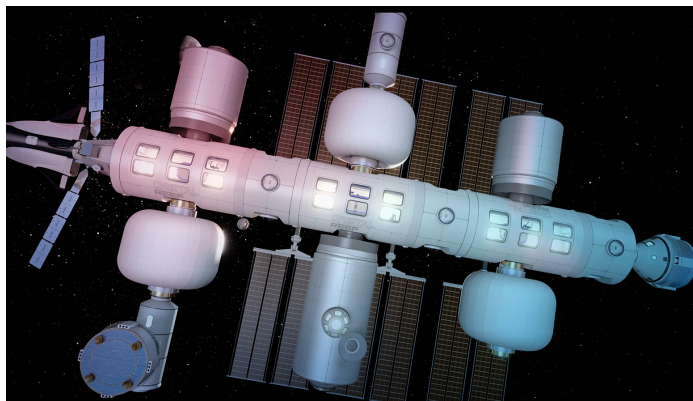


Les différentes phases de construction de la station spatiale Axiom (Image Axiom).

Soutenu par un accord Space Act (SAA) de la NASA, elle devrait être construite tout en étant amarrée à l'ISS. Les deux premiers modules ont été fabriqués.

### Récif orbital (États-Unis)

Mené par Blue Origin et Sierra Space, ce « parc d'activités dans l'espace » repose sur un module principal extensible.



## The Orbital Reef Team

BLUE ORIGIN

SIERRA SPACE

BOEING

REDWIRE

amazon supply chain

aws

GENESIS ENGINEERING

ASU

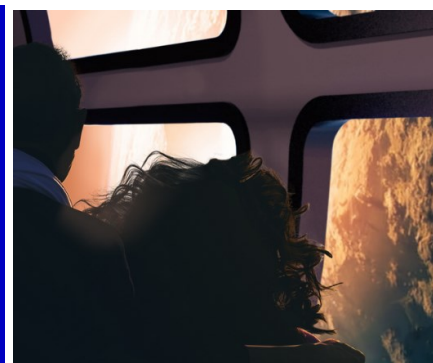
Concept Orbital Reef (Image Blue Origin).  
Les partenaires Orbital Reef.

### L'expérience

Pensez à des modules larges avec de grandes fenêtres pour voir la Terre ... tout en expérimentant le frisson de l'apesanteur dans un confort absolu. Des quartiers distincts seront conçus pour un usage personnel et professionnel, et les grandes écuelles créeront un environnement sûr et inspirant.

Notre objectif est de fournir une expérience vraiment extraordinaire, que vous soyez en orbite pour la recherche, la logistique, le tourisme ou d'autres applications.

Blue Origin



Toujours soutenu par un SAA de la NASA, la station devrait être lancée par une fusée New Glenn de Blue Origin et desservie par l'avion spatial Dreamchaser de Sierra Space (tous deux n'ayant pas volé, et le premier vol de Dream Chaser a été reporté en avril 2024).

### Starlab (États-Unis)

Dirigée par Nanoracks, Voyager Space et Lockheed Martin, une station commerciale basée autour d'un module principal gonflable et d'un « parc scientifique » attendant.





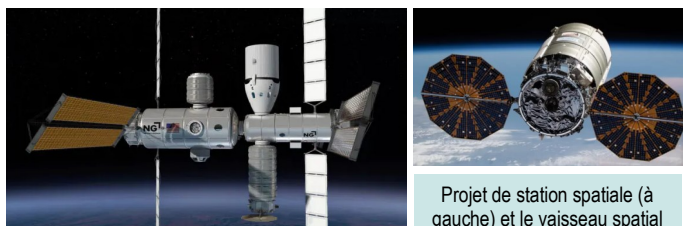
Partenaires : de Starlab :



Encore soutenu par un SAA de la NASA ; à noter que le sas Bishop de Nanoracks (accolé au module Tranquility - Node 3 de l'ISS) a été le premier ajout commercial à l'ISS. La disponibilité est prévue en 2028...

#### Station spatiale de Northrop Grumman (États-Unis)

Une station commerciale à trois modules desservant plusieurs secteurs, notamment la recherche en microgravité, la fabrication dans l'espace et le tourisme spatial.



Projet de station spatiale (à gauche) et le vaisseau spatial Cygnus (à droite)

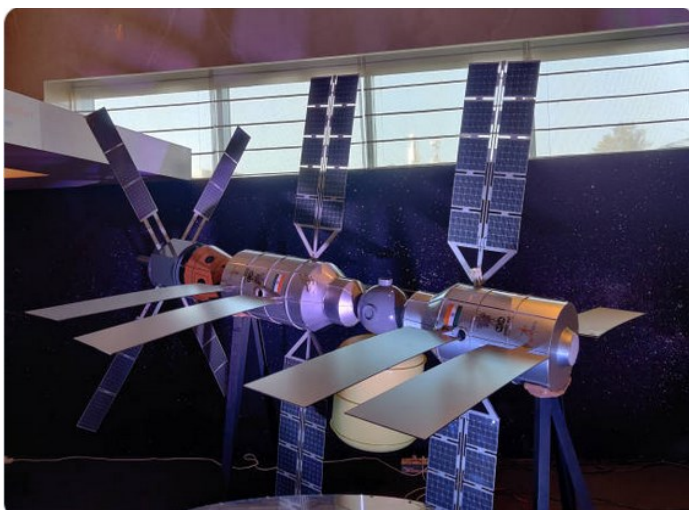
Soutenus par un SAA de la NASA, les modules devaient être basés sur le succès du transporteur Cygnus. Toutefois, il semblerait que Northrop Grumman ait décidé de retirer sa participation à la construction d'un remplaçant à l'ISS (la société a abandonné l'idée de s'associer avec Voyager Space et Airbus), et que Blue Origin pourrait bientôt le rejoindre (BO souhaite se concentrer sur la création de l'atterrisseur lunaire Blue Moon, et Sierra Space entend plus s'occuper du développement de son vaisseau spatial Dream Chaser).

**Le refus de Northrop Grumman et Blue Origin de participer au projet de construction d'une nouvelle station orbitale n'affectera pas les plans de la NASA. Axion Space et Nanoracks sont toujours intéressés par ce projet.**

**SpaceX s'est également montré intéressé par ce projet de la NASA, en proposant d'utiliser une fusée géante Starship comme base pour la station.**

#### Station spatiale ISRO (Inde)

Destinée à des séjours de 15 à 20 jours, cette station à trois modules située à 400 km sera desservie par un vaisseau spatial Gaganyaan avec 3 membres d'équipage.



Bharatiya Antariksha Station, la station spatiale indienne (maquette). (Image : ISRO)

La Russie fournit une assistance technique, mais le vaisseau Gaganyaan n'a pas encore volé. La station spatiale est prévue pour le milieu des années 2030 (1<sup>er</sup> module en 2028, fin en 2035). L'Inde est aussi signataire des accords Artemis de la NASA.

#### AirbusLoop (Europe)

Une station commerciale à module unique de 8 m de diamètre avec une conception spacieuse à trois niveaux pour les longs séjours. Ses dimensions conviennent pour le lancement par le vaisseau spatial Starship, d'Elon Musk.



Image : Airbus Défense et Espace 2023.

Dévoilé en avril 2023, basé sur un fort héritage technique européen, Airbus LOOP a été pensé de manière à maximiser le bien-être des astronautes pour des séjours de longue durée ; il est conçu pour abriter un équipage de quatre personnes et, temporairement, jusqu'à huit.

Cette station spatiale du futur se divise en trois niveaux : un pont d'habitation, un pont scientifique et une « centrifugeuse ». Les effets de l'apesanteur sur le corps humain ont des conséquences nocives, notamment sur le long terme (fonte des muscles, perte osseuse, etc.). La centrifugeuse permet de reproduire les conditions de gravité terrestres pour les astronautes. Les trois ponts sont reliés par un « tunnel » central encerclé de plantations sous serre.



## Vast space station (États-Unis)

Des habitats de gravité artificielle pour le tourisme spatial et l'ingénierie, qui seront lancés et entretenus à l'aide de la Falcon 9 et du Crew Dragon de SpaceX.



Mission VAST-1

- \* Envolez-vous vers Haven-I à bord d'un vaisseau spatial SpaceX Dragon lancé par la fusée Falcon 9.
- \* Conçu aussi bien pour les agences spatiales que pour les particuliers.
- \* Envoyez quatre membres d'équipage à Haven-I pour une durée maximale de 30 jours.
- \* Soyez le premier équipage à visiter la première station spatiale commerciale au monde.
- \* Disponible par siège ou en mission complète avec équipage de quatre personnes.
- \* Opportunités avancées en matière de science, de recherche et de fabrication dans l'espace.

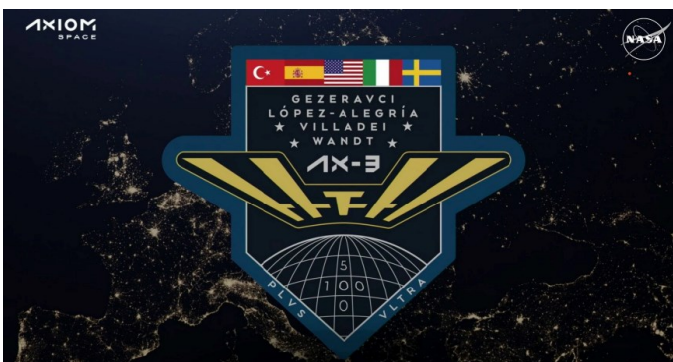
### RENSEIGNEZ-VOUS POUR RÉSERVER VOTRE SÉJOUR.

VOUS ÊTES TENTÉ ? À partir de fin 2025. Soutenu par le financier Jed McCaleb. Mais la gravité artificielle créera un environnement de test, *a priori*, moins souhaitable.

Vous aurez noté que dans quelques uns de ces projets, SpaceX joue un rôle, avec sa fusée Falcon et sa capsule Dragon, et également avec sa future fusée géante Starship.

SpaceX ne devrait pas être le perdant de l'histoire.

Et l'ISS est toujours là-haut, et les missions s'y succèdent encore. La mission Axiom-3 lancée avec succès le 18 janvier 2024, dont le numéro précédent d'Albiréoscope avait parlé, va bientôt effectuer son retour sur Terre, le 9 février, avec quelques jours de retard liés à une météo défavorable.



Pour SpaceX, ce genre de mission vers l'ISS est devenue banale, et contribue à la notoriété de sa fusée Falcon 9 et de ses boosters réutilisables. Les lancements s'enchaînent sur la côte Est comme sur la côte Ouest pour de nombreux clients

autres que la NASA et l'US Space Force, mais aussi pour la constellation de satellites Starlink d'Elon Musk.

Malgré des choses réglées comme une horloge, il y a quand même de temps en temps des événements non désirés et ce fut le cas fin décembre 2023 lors de la rentrée d'un booster « historique » de Falcon 9 juste avant Noël : B1058 était le leader de la flotte, avec ses 19 missions en un peu plus de trois ans et demi de service. Le booster B1058, était spécial parmi la flotte de fusées réutilisables de SpaceX, car il s'est envolé dans l'espace le 30 mai 2020, lors d'un vol qui a marqué l'histoire à plusieurs titres.

C'était la première fois qu'une fusée commerciale et un vaisseau spatial mettaient des personnes en orbite, mettant fin à une lacune de neuf ans dans la capacité des États-Unis à envoyer des astronautes en orbite depuis le sol américain, après le retrait de la navette spatiale. Cette mission, connue sous le nom de Demo-2 et lancée par SpaceX sous contrat avec la NASA, a mis fin à la dépendance des États-Unis à l'égard des fusées russes pour envoyer des équipages vers la Station Spatiale Internationale.

SpaceX a récupéré ce booster sur l'une de ses plates-formes d'atterrissage offshore après le lancement historique en mai 2020, tandis que l'étage supérieur du Falcon 9 filait en orbite avec le vaisseau spatial Crew Dragon emportant les astronautes Hurley et Behnken. Ensuite, la fusée est entrée dans la rotation de la flotte de SpaceX pour être lancée 18 fois supplémentaires, principalement pour des missions de déploiement de satellites Internet Starlink.



Doug Hurley

Hurley, qui commandait le vaisseau spatial Crew Dragon lors de la mission Demo-2, a suivi les exploits du booster bien après son retour sur Terre. Il échangeait régulièrement des SMS avec Behnken et Kiko Dontchev, alors que la fusée continuait de voler. « *Pour Bob et moi, ce booster particulier a toujours été assez spécial pour de nombreuses raisons* », a déclaré Hurley, un pilote de chasse vétéran du Corps des Marines qui a pris sa retraite du corps des astronautes de la NASA en 2021. Il travaille maintenant chez Northrop Grumman.



Kiko Dontchev

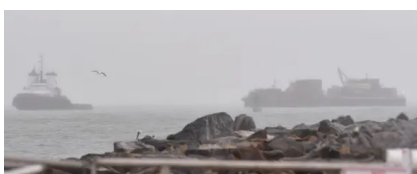
**Kiko Dontchev** est le Directeur principal des opérations de lancement et de récupération chez SpaceX. Il a rejoint SpaceX en mai 2010, dirigeant le développement de batteries lithium-ion pour le vaisseau spatial Dragon et la fusée Falcon 9 de SpaceX. En 2013, il a assumé le rôle d'ingénieur principal responsable de la conception et de la construction du premier véhicule d'essai technique pour Dragon 2, le vaisseau spatial avec équipage de nouvelle génération de SpaceX. À la mi-2017, Kiko a déménagé à Cap Canaveral, en Floride, où il a supervisé toutes les opérations de lancement, de remise à neuf, et les vols spatiaux habités de Dragon. Cela mènera au retour historique du vol des astronautes avec les vols In-Flight Abort, Demo-2 et Crew-1 en 2020. À l'automne 2020, Kiko a assumé le nouveau rôle de directeur principal et supervise actuellement l'ensemble des lancements et des opérations de récupération de SpaceX.

Le 19<sup>ème</sup> lancement de ce booster, le 23 décembre, a été tout aussi réussi que les 18 précédents, avec une montée en douceur dans l'espace avant l'arrêt de ses neuf moteurs Merlin alimentés au kérosène. Le propulseur a atteint le point le plus élevé de sa trajectoire, soit 116 kilomètres, avant que la gravité terrestre ne le ramène dans l'atmosphère.

Deux moteurs mis à feu ont ralenti la fusée alors qu'elle descendait vers le drone de SpaceX positionné près des Bahamas, puis quatre pattes en fibre de carbone se sont déployées quelques instants avant l'atterrissage sur la cible. Et, comme



d'habitude, le navire de récupération a commencé son lent voyage de retour vers la Floride avec le booster debout verticalement. Mais, tôt le 25 décembre, le booster s'est renversé sur le drone en raison des vagues et des vents violents, a déclaré SpaceX. Cette fusée, qui a été construite il y a près de cinq ans, ne disposait pas de la dernière conception de jambes d'atterrissage de SpaceX, qui peuvent se mettre à niveau automatiquement pour éviter de basculer en mer.



Arrivée du drone à Port Canaveral le 26 décembre

Un jour plus tard, le drone naviguait vers Port Canaveral, juste au sud des rampes de lancement de SpaceX, avec l'épave de la fusée sur le pont. Les deux tiers supérieurs

du booster, comprenant son réservoir d'oxygène liquide, manquaient, vraisemblablement tombés au fond de l'océan Atlantique. Les parties restantes de la fusée étaient gravement mutilées, avec des pattes d'atterrissage pliées et des tuyères de moteur déformées.

SpaceX dispose d'un OG, dispositif robotique appelé "octagraber", qui va fixer les fusées sur le pont du drone après l'atterrissage. Mais avec des vents violents ou une mer élevée,



il est extrêmement difficile de sécuriser le booster. B1058, compte tenu de son âge, n'était pas équipé des nouvelles jambes "auto-nivelantes" ce qui a entraîné la défaillance d'un OG. « Super décevant et triste de perdre le booster 1058 », a écrit Kiko Dontchev sur X (ex Twitter).

La société ne va cependant pas jeter les morceaux cassés de son emblématique propulseur de fusée.

« Nous prévoyons de récupérer les moteurs et de procéder à des inspections de pointe sur le matériel restant », a écrit Jon Edwards, vice-Président des lanceurs Falcon de SpaceX, sur X. « Il y a encore beaucoup de valeur dans ce booster. Nous ne le laisserons pas être gaspillé ».



Jon Edwards



**Le premier vol de la fusée Vulcan Centaur d'ULA est une réussite.**  
On la voit ici sur le pas de tir LC-41 de Cap Canaveral, peu avant son lancement.

C'était le lundi 8 janvier 2024 que la fusée a fait son premier galop d'essai dans l'espace. Un tir parfait, avec une mise en orbite de l'atterrisseur Peregrin Lunar Lander d'Astrobotic très bien réalisée.

Du coup, Elon Musk ne sera pas obligé de manger son chapeau, même beurré de moutarde, car il avait parié que cette fusée ne décollerait pas avant l'année 2023... et ce pari avait été fait en 2018 :



Que de bonnes informations

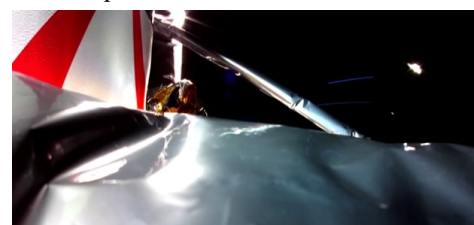
dont disposait Elon Musk à l'époque ! Ou c'était juste une bonne supposition... mais quelle prédiction !

Les discussions sur une nouvelle fusée ont commencé dès la création de ULA en 2006 à la suite de la fusion des équipes de lancement de Boeing et de Lockheed Martin. Cependant, Vulcan n'a été officiellement annoncé qu'en 2014 à la lumière des attaques politiques liées à la dépendance de l'Atlas V à l'égard du moteur RD-180 de fabrication russe.

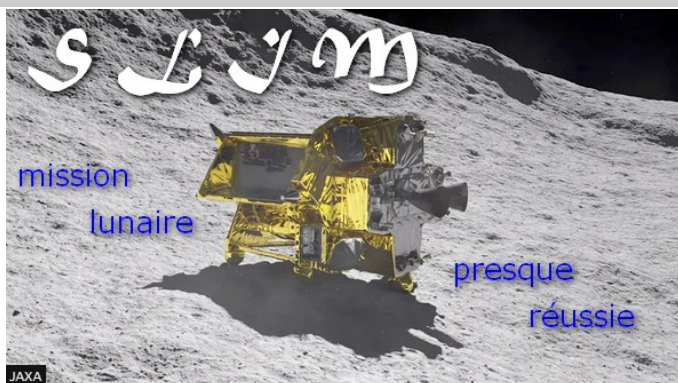
La deuxième mission de certification de la Vulcan Centaur fera voler le premier avion spatial Dream Chaser, *a priori* en avril prochain.

Quant à l'atterrisseur, il a fini sa course dans l'eau en rebrousant son chemin vers la Terre par suite d'une avarie technique : alunissage impossible par manque de carburant, donc mieux vaut finir au cimetière que de risquer la vie des autres en devenant un débris spatial errant. Déception chez Astrobotic sûrement, mais les ingénieurs feront mieux la prochaine fois.

Image envoyée par l'atterrisseur juste après la séparation d'avec la fusée. La couche isolante est endommagée par suite d'une fuite de propulseur.





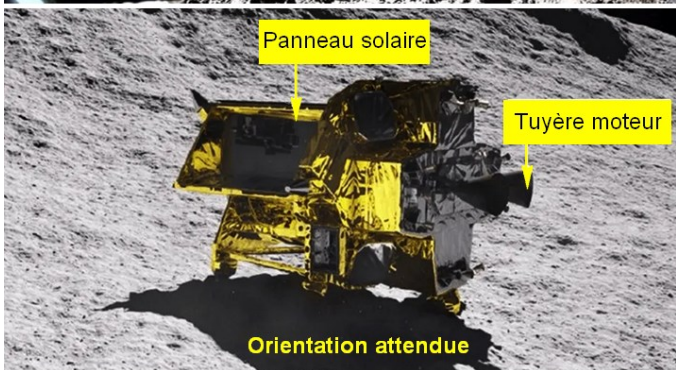
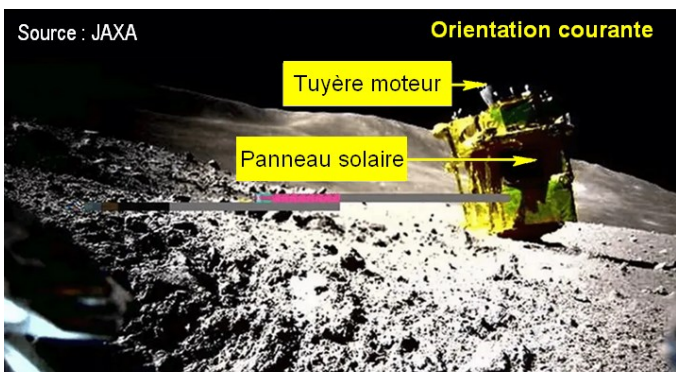


### Atterrisseur lunaire SLIM (photo d'artiste)

Lancé le 7 septembre 2023, il s'est posé sur la Lune le 19 janvier 2024.

La photo ci-dessus montre sa position théorique sur le sol lunaire, avec des panneaux solaires sur le dessus du vaisseau.

L'Agence spatiale japonaise JAXA a indiqué qu'une anomalie dans le moteur principal avait affecté l'attitude d'atterrissage du vaisseau spatial. Il semblerait que l'un des deux gros propulseurs de SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) ait cessé de fonctionner pendant la descente. La première photo du vaisseau spatial SLIM en détresse montre qu'il a pivoté de 90 degrés par rapport à la façon dont il aurait dû s'immobiliser.



L'image a été capturée par le petit robot de la taille d'une balle de baseball appelé Sora-Q qui a été éjecté de Slim quelques instants avant l'atterrissage. La position bizarre de SLIM explique en partie ses



Deux petits robots éjectés par l'atterrisseur avant de toucher le sol lunaire :

Lev-1 (à gauche)  
et  
Sora-Q (à droite)

difficultés à produire l'électricité nécessaire à son fonctionnement. Pour transmettre l'image sur Terre, Sora-Q a d'abord dû la transmettre à un deuxième robot itinérant éjecté, Lunar Excursion Vehicle 1, ou Lev-1. Ce robot sauteur dispose d'un équipement radio qui peut contacter le contrôle de mission indépendamment de SLIM. L'atterrisseur lui-même a été arrêté trois heures après son arrivée car ses cellules solaires ne parvenaient pas à fonctionner ; la batterie se déchargeant rapidement, les responsables de Jaxa ont pris la décision de mettre SLIM en hibernation. Le vaisseau spatial principal, lors de son arrivée, était orienté d'une manière qui empêchait les cellules solaires de voir le Soleil. Pour la JAXA, l'espoir était de réveiller SLIM lorsque les angles d'éclairage allaient changer sur son lieu d'atterrissage.

Avant l'hibernation, les contrôleurs ont pu extraire une série de photos de la surface prises par sa caméra infrarouge embarquée. Celles-ci montrent que le vaisseau spatial se trouve sur une pente, entouré de petits rochers. Le lieu d'atterrissage de SLIM se trouve au bord d'un cratère équatorial connu sous le nom de Shioli.

L'atterrissage samedi à 00h20, heure standard du Japon (15h20 UTC, vendredi), a fait de la JAXA la cinquième agence spatiale nationale à réaliser un atterrissage en douceur sur la Lune (après l'ex-Union soviétique, les États-Unis, la Chine et l'Inde).

La JAXA a fait confiance aux nouvelles technologies de navigation de précision. L'ordinateur de bord de l'atterrisseur a utilisé un traitement rapide des images et une cartographie des cratères pour éviter les dangers et atteindre son point d'atterrissage. Les ingénieurs voulaient se rapprocher à moins de 100 m de leur emplacement ciblé et l'objectif a été atteint.

**Shioli** est un petit cratère d'impact lunaire situé dans le cratère Cyrillus, au nord de Mare Nectaris. Il s'agit d'un jeune cratère doté d'une structure rayonnée très visible. Le nom, d'après le prénom féminin japonais, a été approuvé par l'UAI le 12 août 2019. Le site de l'atterrisseur SLIM est situé dans le cratère, vers le bord Est. (Source wikipedia - vue Apollo 16)

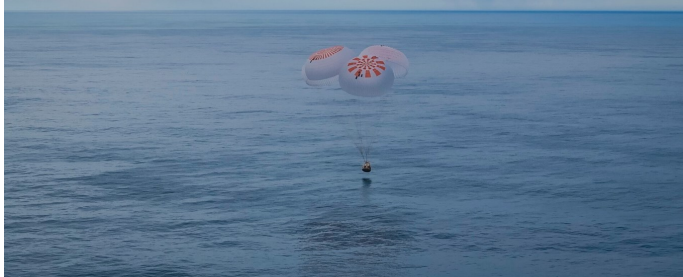
« L'analyse des données acquises avant la coupure de courant a confirmé que SLIM avait atteint la surface de la Lune à environ 55 m à l'est du site d'atterrissage de la cible initiale », a déclaré JAXA, ajoutant que l'ordinateur de bord avait également pris une décision dans les derniers instants de la descente en déplaçant l'engin d'un côté pour éviter les obstacles. Cela ravira les responsables, tout comme le succès des deux rovers. Non seulement Sora-Q s'est déplacé sur la surface lunaire et a pris sa photo, mais Lev-1 a également réussi à sauter. Comme SLIM, Lev-1 s'est également éteint. SLIM n'est pas conçu pour résister au froid...

« La réalisation des mouvements de saut de Lev-1 sur la surface lunaire, la communication des robots entre Lev-1 et Sora-Q et les opérations entièrement autonomes représentent une réussite révolutionnaire. Cela sera considéré comme une démonstration technologique précieuse pour les futures explorations lunaires, et les connaissances et l'expérience acquises seront appliquées dans les missions à venir », a indiqué l'agence japonaise.

26 fev. 2024 : SLIM s'est réveillé après sa longue nuit lunaire a indiqué la JAXA sur X (ex twitter).



## La mission AXIOM-3 est de retour sur Terre



La capsule Dragon de SpaceX et son équipage ont améri au large des côtes de Floride, aux États-Unis, le vendredi 9 février 2024 à 13h30 UTC/14h30 CET.



La photo ci-dessus nous montre l'équipage de la mission Axiom-3 photographié dans la capsule Dragon avant le départ pour l'ISS qui s'est effectué le 18 janvier 2024. Après 20 jours dans l'espace, l'astronaute du projet de l'ESA, Marcus Wandt, est revenu sur Terre vendredi, marquant la fin de sa mission Muninn vers la Station Spatiale Internationale.

NB : le nom de la mission ESA tire son nom de la mythologie nordique, où deux corbeaux - Muninn et Huginn - sont complices du dieu Odin.

Marcus et l'équipage de la mission Axiom 3 (Ax-3) avaient dit au revoir mercredi dernier à leurs coéquipiers sur le complexe orbital, dont son collègue astronaute et commandant de l'ESA Andreas Mogensen (mission Huginn). C'était d'ailleurs la



Andreas et Marcus dans le module Columbus (ESA).

première fois que deux scandinaves vivaient et travaillaient ensemble dans l'espace. L'équipage de l'Ax-3 a fermé l'écotille de la capsule SpaceX Dragon à 12h25 UTC/13h25 CET le 7 février ; le vaisseau spatial s'est détaché de manière autonome de la Station spatiale deux heures plus tard, à 14h20 UTC/15h20 CET. À cette époque, Marcus avait effectué environ 288 orbites autour de la Terre.

Marcus a servi comme spécialiste de mission pendant le voyage, partageant le trajet avec Walter Villadei d'Italie, Alper Gezeravci de Turquie et Michael López-Alegria, double citoyen américano-espagnol.

Marcus s'envolera ensuite pour Cologne, en Allemagne, où il sera surveillé par l'équipe de médecine spatiale de l'ESA alors qu'il se réadapte à la gravité terrestre au Centre des astronautes européens de l'ESA et à l'installation **:envihab** du Centre aérospatial allemand.

### SUCCÈS DE MUNINN

Pendant son séjour à bord, Marcus a soutenu près de 20 expériences européennes et a passé plus de 100 heures à réaliser des démonstrations scientifiques et technologiques.

Anna Rathsmann, Directrice générale de l'Agence spatiale nationale suédoise : « Au cours de son séjour de près de trois semaines à bord de la Station spatiale, Marcus a réalisé une série d'expériences au profit de la recherche suédoise et internationale ... Grâce à ses vols spatiaux, il a contribué à maintenir la Suède comme un pays leader en matière de connaissances spatiales. Il est également une source d'inspiration pour toute une génération de Suédois dans le domaine des sciences naturelles ».



La capsule Dragon avec le logo Axiom



Anna Rathsmann

« La prise de décision rapide et solide de la Suède est au cœur du succès de la mission Muninn. La mission accélérée de Marcus en tant qu'astronaute du projet de l'ESA a montré que grâce à l'ESA, l'Europe peut être agile et flexible et prête à rejoindre le paysage changeant des vols spatiaux habités », a ajouté le Directeur général de l'ESA, Josef Aschbacher.



Josef Aschbacher

« Cette mission inédite a diversifié notre accès à l'espace, accéléré d'importantes activités scientifiques et de recherche et permis d'acquérir de l'expérience avec de nouveaux partenaires. La mission Muninn a mieux préparé l'ESA et l'Europe à un avenir post-ISS », a déclaré Josef Aschbacher.

### La science qui compte.

La mission Muninn perpétue un héritage de recherche européenne pertinente dans plusieurs domaines scientifiques.

Les résultats contribueront à façonner l'avenir de l'exploration humaine et robotique tout en améliorant les développements technologiques sur Terre.

Marcus a piloté depuis l'espace une équipe de robots sur Terre pour l'expérience *Surface Avatar*, donnant aux équipes européennes de précieux retours pour améliorer l'interface intuitive et ouvrant la voie à de futures télé opérations robotiques.





Démonstration technologique Surface Avatar.

Marcus Wandt, a piloté depuis l'espace une équipe de robots sur Terre pour l'expérience *Surface Avatar* au cours de sa mission Muninn.

Dans une pièce d'Oberpfaffenhofen, en Allemagne, se trouvaient trois robots. Il y avait du matériel tout autour d'eux et une équipe d'ingénieurs attendant qu'une personne passe à l'étape suivante dans l'exploitation de ces robots depuis l'espace, et c'était Marcus Wandt.

L'expérience s'appelle *Surface Avatar* et c'est une collaboration entre l'ESA et le Centre aérospatial allemand DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) pour construire une équipe de robots et une interface intuitive permettant aux astronautes de les faire fonctionner à distance.



Bert, le chien robot DLR est prêt à explorer.

Thomas Krueger, responsable du laboratoire d'interaction humain-robot de l'ESA : « *Au cours de sa formation, Marcus nous a fait part de ses commentaires sur les opérations robotiques de Surface Avatar. Il s'agit d'une opportunité unique de permettre à davantage d'astronautes de tester les robots et l'interface que nous avons développée. Travailler avec DLR sur ce projet est formidable* ».

Thomas Krueger (Human Robot Interaction Lab.)

Marcus en formation avant de partir en mission dans l'espace. Manipulations avec le contrôleur Sigma 7.



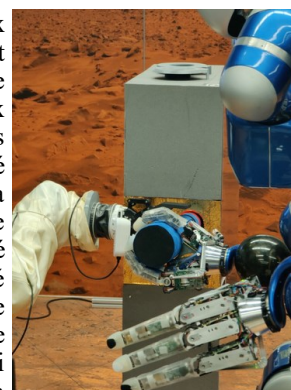
Prêt aux commandes sur la Station spatiale, Marcus a utilisé le contrôleur sigma 7. L'outil offre sept degrés de liberté et un retour haptique qui permet à Marcus de ressentir lorsque le bras du robot heurte les objets devant lui. Devant Marcus se trouvait également un écran avec le flux vidéo des robots, l'interface superposant la vidéo en direct. L'astronaute suédois pouvait simplement cliquer sur un bouton de l'écran et modifier la vitesse de

déplacement du robot, ou basculer entre les flux vidéo des différents robots. Les trois robots étaient *Bert* et *Rollin' Justin* du DLR ainsi que le robot *Interact* de l'ESA. Avec ceux-là entre ses mains, Marcus s'est mis au travail en cherchant trois objets avec le petit chien robot *Bert*, en utilisant les caméras de *Bert* et de *Rollin' Justin*. Les images de *Bert* et *Justin* lui ont donné un aperçu de la scène.

Marcus avait déjà eu un avant-goût de l'expérience *Surface Avatar* il y a six mois, lors de sa visite au cœur technique de l'ESA aux Pays-Bas, le Centre européen de recherche et de technologie spatiales (ESTEC).

Thomas Krueger : « *Tandis que Marcus se familiarisait avec l'équipement de Surface Avatar lors de son entraînement sur Terre, la tâche exacte qu'il devait accomplir lors de sa mission sur la Station spatiale était nouvelle pour lui. C'est l'idée de l'expérience : tester notre interface intuitive avec les robots et voir comment l'astronaute travaille avec les robots* ».

Après avoir réussi à trouver deux extraterrestres et une poupée, il est passé à la tâche suivante : mettre une cheville dans un trou avec deux robots travaillant ensemble ; et les faire fonctionner ensemble n'a posé aucun problème pour Marcus, qui a ainsi manœuvré la cheville dans le trou à l'aide du bras d'*Interact* aidé par *Rollin' Justin*. Puis, Marcus a utilisé *Rollin' Justin* pour soulever une poignée, une tâche qui peut paraître facile pour un humain, mais qui n'est pas simple pour un robot. La poignée est fixée à l'extrémité, donc si *Rollin' Justin* soulevait simplement la poignée vers le haut, le robot perdrait la prise de la poignée, qui tournerait en s'éloignant de *Rollin' Justin*. Après la résolution de quelques petites difficultés techniques en temps réel par l'équipe *Surface Avatar*, Marcus a réussi à soulever et abaisser la poignée.



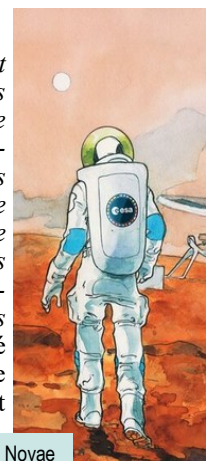
Deux robots travaillant ensemble.

L'expérience s'est terminée lorsque Marcus a fourni de précieux commentaires à l'équipe *Surface Avatar*, afin qu'elle puisse améliorer l'interface et améliorer les futures sessions. Le succès de la mission *Surface Avatar* avec Marcus ouvre la voie au futur de l'exploration spatiale : lorsque l'homme reviendra sur la Lune, un robot compagnon pourrait être un bon substitut aux longues promenades sur la Lune. Si les astronautes pouvaient faire fonctionner un, ou plusieurs robots, de l'intérieur sécurisant d'un atterrisseur lunaire, ceux-ci pourraient explorer de nouvelles zones ou effectuer des tâches plus banales, comme collecter des échantillons de roches.



G. Magistrati

« *L'utilisation de la robotique est fondamentale dans toutes les phases de l'exploration de la Lune telles que définies dans la stratégie Terrae Novae, depuis les missions initiales sans équipage jusqu'aux missions avec équipage où la robotique soutiendra les astronautes. À l'avenir, des robots entièrement autonomes effectueront des tâches utilisant l'intelligence artificielle* », a déclaré Giorgio Magistrati, Responsable de l'équipe préparation à l'exploration, recherche et technologie de l'ESA.



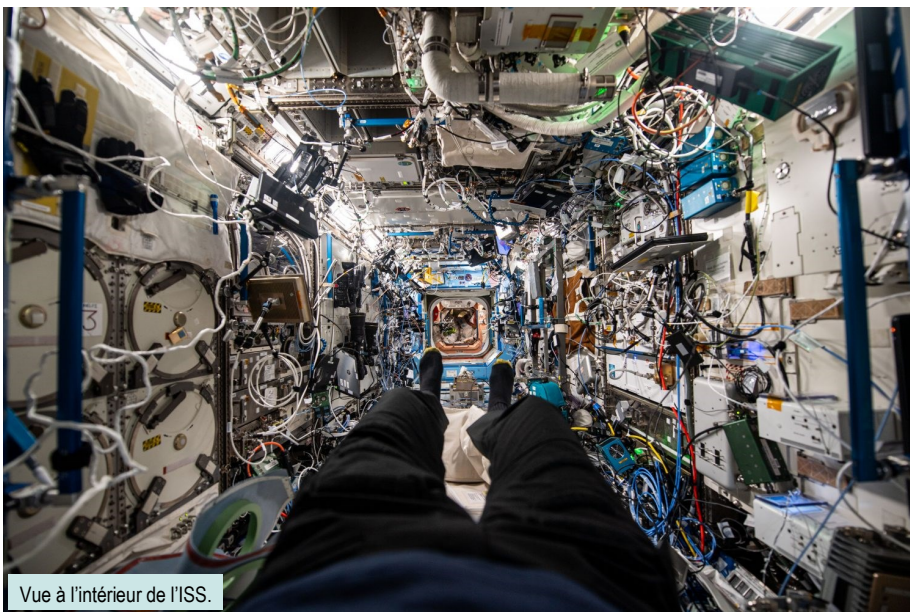
Destination Terrae Novae



### J'ai besoin de plus d'espace

L'astronaute européen a mené l'expérience suédoise *Orbital Architecture* pour étudier comment le bien-être physique et psychologique des personnes peut être affecté par la vie dans des environnements extrêmes et confinés.

La conception des bâtiments et des espaces peut grandement affecter la façon dont les gens se sentent et agissent. Les fenêtres, les couleurs des murs et même les plantes dans une pièce peuvent améliorer votre productivité et votre humeur.



Vue à l'intérieur de l'ISS.

Dans les environnements extrêmes, l'aménagement d'un habitat devient encore plus important. La Station Spatiale Internationale est la maison et le bureau des astronautes, de la taille d'une maison de six chambres. Et là-haut, aucune fenêtre ne peut être ouverte et la plupart des travaux se déroulent sous la lumière artificielle. Travailler dans l'espace signifie être confiné pendant de longues périodes dans un environnement éloigné et isolé.

Pendant la mission Axiom-3, onze personnes vivaient ensemble en orbite. L'astronaute du projet de l'ESA, Marcus Wandt, faisait partie d'entre eux et il sera le premier à mener une expérience visant à étudier comment le bien-être physique et psychologique des personnes peut être affecté par la vie à bord de la Station spatiale.



Équipages de l'Expédition 70 et de la mission Axiom - 3 Station spatiale internationale (Image : NASA/J. Moghbeli).

### Moins de stress, meilleures performances.

L'étude *Orbital Architecture* explore comment la conception des habitats spatiaux affecte les niveaux de stress et l'agilité mentale de l'astronaute.

Les chercheurs surveilleront toute une série de paramètres pour voir comment Marcus s'adapte au nouvel environnement, notamment sa fréquence cardiaque, son activité cérébrale, la qualité de son sommeil, son régime alimentaire et sa routine d'exercices.



Marcus essayant une casquette dotée de capteurs pour enregistrer son activité cérébrale pendant son entraînement au Centre des astronautes européens de Cologne, en Allemagne (Image : ESA).



Marcus avec ses capteurs cérébraux dans l'ISS.

L'astronaute suédois va effectuer des tâches sur un ordinateur tout en portant la casquette dotée de capteurs pour surveiller son activité cérébrale. Les tests enregistreront sa mémoire de travail, son temps de réaction, son attention et ses capacités d'organisation. Marcus organisera ses sessions dans différents endroits, presque tous les jours de son séjour en orbite.

« En comprenant comment l'architecture influence les astronautes, nous pouvons créer des espaces qui soutiennent leur réflexion et leurs émotions pour le succès de la mission. Nous pouvons réduire le stress et augmenter leurs performances cognitives », explique Michail Magkos, l'un des chercheurs de l'étude soutenue par l'Agence spatiale nationale suédoise.



Michail Magkos

### Architecture pour environnements extrêmes

L'équipe de Michail a mené cette expérience dans le cadre d'une mission martienne simulée l'année dernière avec sept autres volontaires de la station *Mars Desert Research Station*, et prévoit d'avoir davantage de sujets de test pour comparer les résultats.

« C'est la première fois pour Marcus et nous dans l'espace. Nous sommes très heureux de voir à quel point il est impliqué et curieux pour notre étude », explique Michail.

Alors que les agences spatiales planifient des missions spatiales plus longues vers des destinations plus lointaines et avec des équipages plus diversifiés, il est essentiel de créer des habitats qui les aident à penser clairement et à gérer le stress.

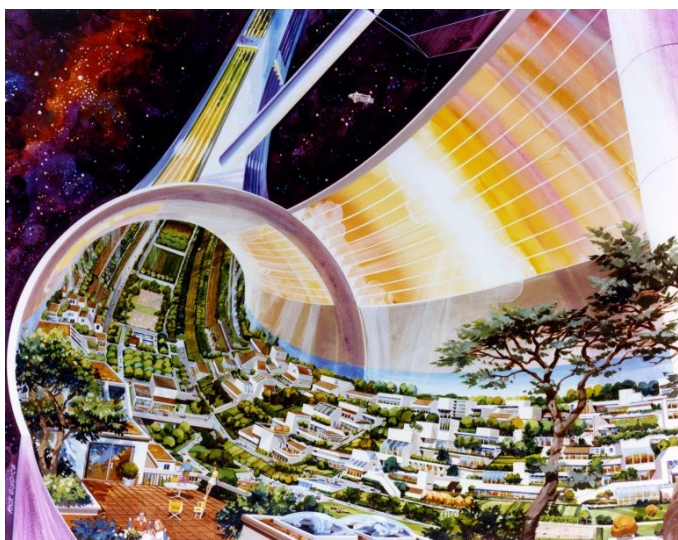




Module Columbus décoré des drapeaux danois et suédois (Image : ESA - M. Wandt).

« Le rêve vers lequel nous travaillons est de rendre les futures conceptions d'espaces plus accommodantes. Nous voulons prendre en compte la mobilité, la vie privée et les vues sur le monde extérieur. Les nouvelles stations spatiales pourraient ressembler davantage à un terrain de jeu pour enfants avec des poignées placées comme une toile d'araignée pour se déplacer en microgravité », explique Michail.

L'idée de concevoir des habitats spatiaux n'est pas nouvelle. En 1975, une étude de la NASA a conçu le Stanford Torus, un anneau sous forme de tore en orbite, capable d'héberger une ville entière, avec des milliers de personnes vivant dans une gravité artificielle. La colonie spatiale était un exercice expérimental au début de l'exploration spatiale humaine.



Vue (en coupe) du Stanford Torus (Image : NASA - Rick Guidice).

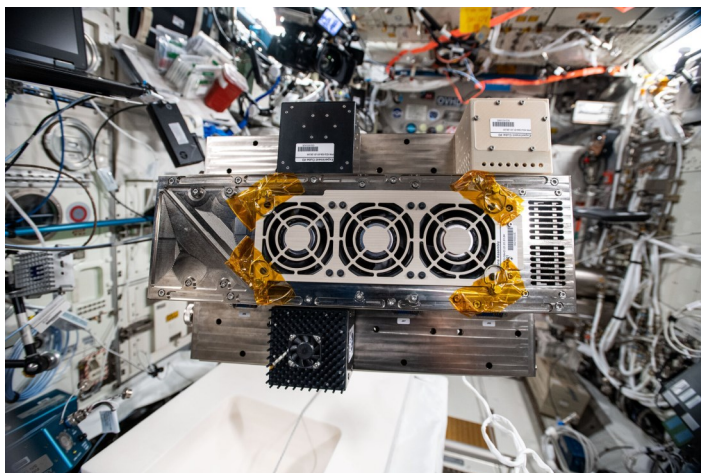
Les chercheurs espèrent apprendre ce qui fonctionne le mieux dans l'espace et appliquer les leçons apprises aux environnements extrêmes sur Terre, tels que les sous-marins, les stations de recherche dans l'Arctique et les plates-formes offshore.

**Pour l'instant, l'heure est à une collecte rigoureuse de données, tant dans l'espace que sur Terre.**



Une autre expérience suédoise examinant les avantages inattendus de la microgravité est *Memo BC*.

Marcus a placé des cellules souches neurales (NB : du système nerveux embryonnaire) dans l'installation ICE Cubes du module européen Columbus pour surveiller les changements dans leurs structures cellulaires et l'expression de leurs gènes. Les chercheurs pensent que ce type de cellules pourrait assurer la survie d'autres cellules après avoir été exposées à la microgravité.



#### Modules d'installation ICE Cubes.

Le service International Commercial Experiments (ICE Cubes en abrégé) offre un accès rapide, simple et abordable aux expériences de recherche et de technologie en microgravité.

Sur la photo ci-dessus, l'installation *ICE Cubes* flotte dans le module européen Columbus qui fait partie de la Station Spatiale Internationale, avant que l'astronaute japonais Soichi Noguchi ne mette l'installation en place, en décembre 2020. Au moment où cette photo a été prise, les cubes comprenaient des expériences liées à la recherche de médicaments contre le COVID-19, un projet d'art de l'International Space University, un test sur la manière dont les équipements grand public standard gèrent les rayonnements rencontrés dans l'espace et un test de l'ESA sur la cyber sécurité dans l'espace.

L'installation accueille des expériences conçues autour de cubes de 10 cm ou des combinaisons de ce volume : il y a de la place pour 12 cubes en haut et deux rangées de quatre cubes en dessous. Les expériences peuvent également flotter librement dans le laboratoire Columbus et communiquer sans fil avec l'installation pour envoyer des données vers la Terre.

ICE Cubes offre un accès direct 24 heures sur 24, sans précédent, à ses expériences via un centre de contrôle de mission dédié dans les locaux de Space Applications Services à Sint-Stevens-Woluwe, en Belgique. Les clients peuvent se connecter à tout moment à leur expérience depuis leur propre emplacement via Internet pour lire les données et même envoyer des commandes directement.



**La coupole (Cupola), construite par l'Agence spatiale européenne, est l'endroit de la Station Spatiale Internationale préféré de nombreux astronautes. Elle sert non seulement de lieu unique pour voir la Terre, mais également de point d'observation des activités robotiques, de l'arrivée des vaisseaux spatiaux et des sorties dans l'espace.**



:envihab

## Recherches futures pour l'espace et la Terre.

- Qu'arrive-t-il au corps humain lors d'un vol vers Mars ?
- Quel est l'impact du fait d'être alité après une maladie grave sur le corps ?
- Comment le manque de lumière du jour affecte-t-il l'humeur ?
- Existe-t-il des mesures pour contrecarrer ces effets néfastes ?

Il faut répondre à ces questions fondamentales pour nous sur Terre, afin de comprendre les effets du vieillissement, de l'alitement, de l'immobilisation et de l'isolement, pour n'en citer que quelques-uns.

L'Institut de médecine aérospatiale du DLR est un leader mondial en médecine aéronautique et spatiale. Grâce à son centre de recherche médicale unique en son genre :envihab, l'Institut fait un pas de plus dans sa recherche inédite sur la façon dont les gens s'adaptent aux environnements extrêmes et à d'autres situations stressantes.

C'est un espace ultramoderne sur un étage, de 3 500 m<sup>2</sup>.

:envihab (abrégié des mots « Environnement » et « Habitat ») sera utilisé pour explorer les effets des conditions environnementales extrêmes sur les humains et pour déterminer les contre-mesures possibles. Huit modules distincts, construits selon une conception « maison dans la maison », comprennent une centrifugeuse humaine à bras court pour, par exemple, mener des recherches cardiovasculaires, osseuses et musculaires, des laboratoires pour étudier les effets de la réduction de l'oxygène et de la pression sur les sujets de test, des installations d'analyse IRM/PET, des salles de simulation



et de rééducation du stress psychologique, des outils de recherche microbiologique et biologique moléculaire, ainsi que des lieux d'hébergement et de suivi des sujets de test. Chez :envihab, l'Institut mènera des recherches ultra-ciblées en physiologie spatiale et aérienne, radiobiologie, psychologie spatiale, médecine opérationnelle, recherche biomédicale et situations terrestres analogues.

L'un des principaux objectifs de :envihab est de former un réseau étroitement interconnecté de scientifiques avec l'industrie et le grand public. En plus de ses installations de pointe, :envihab servira de centre de communications axé sur le rayonnement et l'inspiration pour la prochaine génération de scientifiques. Avec son large éventail d'opportunités de recherche avant-gardistes, :envihab est idéalement adapté pour explorer les défis futurs des vols spatiaux habités, ainsi que pour découvrir une multitude de nouvelles applications pour améliorer la vie sur Terre.



Dream Chaser devrait assurer le transport de fret ou d'un équipage, vers une orbite terrestre basse.

(Image : Sierra Space)

La navette spatiale de la NASA a été utilisée en orbite terrestre basse pendant 30 années avant de prendre sa retraite en 2011. Cependant, la NASA est revenu à la conception de capsule conique familière des missions Apollo avec Orion. En effet, la NASA avait l'intention d'utiliser ce nouveau vaisseau pour explorer des cibles dans l'espace lointain, avec la Lune comme premier objectif.

Mais ces dernières années, nous avons assisté à un retour de la conception des avions spatiaux. Depuis 2010, l'US Space Force (anciennement US Air Force) lance un avion spatial robotisé appelé X-37B en orbite terrestre basse, dans le cadre de missions militaires classifiées. La Chine possède son propre avion spatial militaire appelé Shenlong. Cette année pourrait voir un vol d'essai du Dream Chaser de la société Sierra Space – le premier avion spatial commercial capable de voler en orbite. Si tout se passe bien, le véhicule pourrait être utilisé pour réapprovisionner la Station spatiale internationale (ISS) en fret et, éventuellement, en équipage.



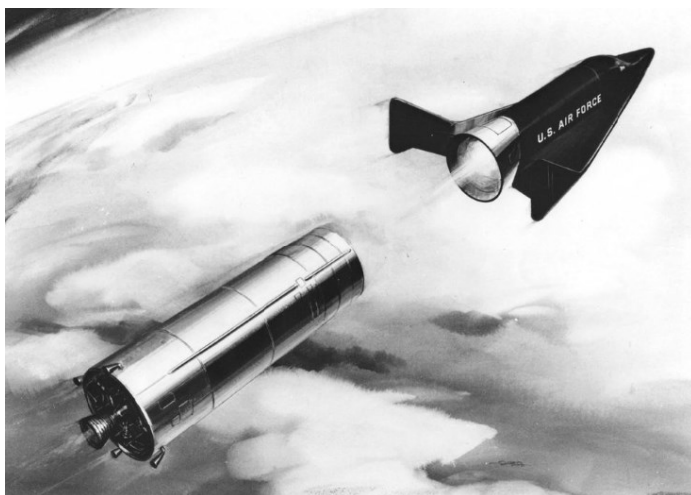
Le Boeing X-37B de l'US Space Force (Image : Adam Shanks / Force spatiale américaine)

Les avions spatiaux peuvent voler ou planer dans l'atmosphère terrestre et atterrir sur des pistes plutôt que d'utiliser des parachutes pour atterrir dans l'eau (SpaceX Crew dragon) ou sur un sol plat (Soyouz, Starliner). Ils sont également plus maniables lorsque le vaisseau spatial rentre dans l'atmosphère, augmentant ainsi la zone de la surface terrestre où l'atterrissage est possible, à partir d'un point de rentrée spécifique. Les avions spatiaux permettent également une trajectoire de vol plus douce mais plus longue lors de la rentrée et un atterrissage plus doux, ce qui est plus facile pour l'équipage et le fret que les capsules, qui peuvent atterrir brutalement. Une piste permet également aux équipes d'assistance au sol et aux infrastructures d'être prêtes sur le lieu d'atterrissage.

### Coût et complexité

Mais les avions spatiaux sont plus complexes et plus lourds qu'une capsule équivalente. La forme du corps ailé pose un défi particulier pour la conception de systèmes de protection thermique (TPS) – les matériaux résistants à la chaleur qui protègent l'engin des températures extrêmes de la rentrée.

Les avions spatiaux suscitent un intérêt depuis les premiers jours des vols spatiaux habités. Un projet d'avion spatial militaire appelé Dyna-Soar a été lancé aux États-Unis en 1957, puis annulé juste après le début de sa construction.



Avion spatial Dyna-Soar (Image d'artiste)

Le véhicule était pourtant sophistiqué pour l'époque, construit à partir d'un alliage métallique capable de résister à des températures élevées et doté d'un bouclier thermique à l'avant qui pouvait être détaché après son retour de l'espace, afin que le pilote puisse voir distinctement lors de l'atterrissage.

La navette spatiale, entrée en service en 1981, a été le premier avion spatial opérationnel. La navette était censée être lancée plus souvent et être plus réutilisable, mais il s'est avéré qu'une rénovation approfondie était nécessaire entre les lancements. Elle a cependant démontré la capacité d'envoyer des astronautes et de grosses cargaisons en orbite basse.

D'autres agences spatiales ont investi dans les années 1980 et 1990, comme en Europe, avec l'avion spatial Hermes, et



Avion spatial **Hermes** 1987(ESA)

au Japon, avec le véhicule HOPE. Les deux programmes ont été annulés en grande partie à cause du coût. L'Union soviétique a développé son propre véhicule, semblable à une navette, appelé Bourane, qui a volé avec succès dans l'espace une fois en 1988. Le programme a été annulé après l'effondrement de l'Union soviétique.

Avion spatial japonais **Hope** (vue d'artiste, à droite)

Le projet a été gelé en partie à cause des problèmes techniques de son lanceur H2.



Les visiteurs devant la navette Bourane posée sur un avion transporteur Antonov 225. (38<sup>ème</sup> Salon International de l'Air et de l'Espace du Bourget - Image : Dave Casey)

### Ressentir la chaleur

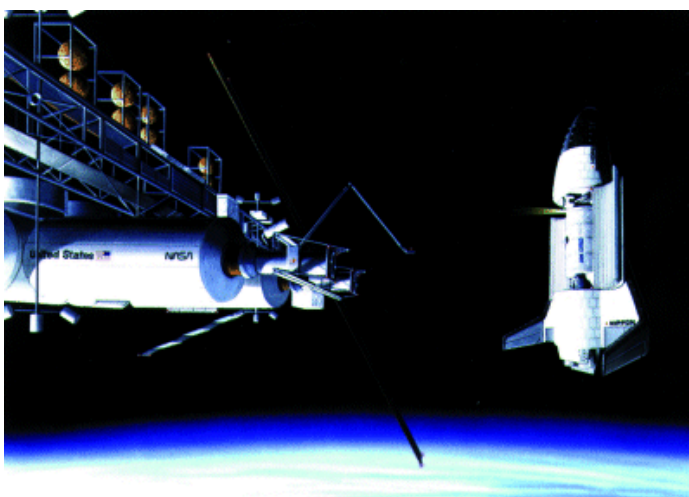
Les avions spatiaux ont des exigences spécifiques pour la dernière partie de leur voyage : la rentrée atmosphérique ; ils sont chauffés à plus de 1 000 °C alors qu'ils se déplacent à des vitesses hypersoniques supérieures à 7 km / s, soit plus de 20 fois la vitesse du son. Un nez émoussé (où le bord du vaisseau spatial est arrondi) est une forme idéale car il réduit l'accumulation de chaleur dans la partie avant du véhicule.

Navette spatiale, mission STS-132. (Image : NASA / JSC)

Néanmoins, les températures attendues par l'engin peuvent encore atteindre 1 600 °C, ce qui nécessite un système de protection thermique à l'extérieur du véhicule. Le TPS de la navette spatiale comprenait des carreaux de céramique particulièrement résistants à la chaleur et une matrice carbone-carbone renforcée capable de résister à des températures allant jusqu'à 2 400 °C.



La perte de la navette Columbia lors de sa rentrée en 2003, qui a causé la mort de sept astronautes, était le résultat d'une brèche dans le matériau TPS situé sur le bord d'attaque de l'aile. Cela résultait du fait qu'un morceau de mousse isolante s'était envolé du réservoir externe de la navette lors du lancement de Columbia, et qui a ensuite heurté l'aile.







Les sept membres d'équipage de la mission STS-107, qui s'est terminée tragiquement le 1<sup>er</sup> février 2003.

De gauche à droite : David M. Brown, Rick D. Husband, Laurel B. Clark, Kalpana Chawla, Michael P. Anderson, William C. "Willie" McCool et Ilan Ramon.

Ce problème de mousse était récurrent sur la navette en raison de la manière dont elle se lançait, attachée au réservoir d'ergol externe. Mais les nouveaux modèles d'avions spatiaux voleront au sommet de fusées conventionnelles, où la chute de mousse ne sera plus un problème.

Toutefois, un revêtement TPS efficace reste vital pour le succès futur des avions spatiaux, tout comme les systèmes qui vont surveiller les performances du TPS en temps réel.

### Véhicules actuels

Il existe actuellement deux avions spatiaux opérationnels, un chinois et un américain, qui peuvent atteindre l'orbite terrestre basse sans problème. Peu d'informations sont disponibles sur le Shenlong chinois...

#### Vue d'artiste de SHENLONG

Avion spatial chinois réutilisable.  
(Image : Institut chinois d'études aérospatiales)

Depuis quelques années, la Chine développe un avion spatial autonome réutilisable pour concurrencer le véhicule d'essai orbital américain (OTV) X-37B. Connu sous le nom de **Shenlong** (« Dragon divin »), cet avion spatial avait conclu son deuxième vol d'essai après avoir passé 276 jours en orbite, un vol qui constituait une avancée majeure pour le programme spatial chinois. Sa troisième mission a été lancée le 14 décembre 2023 - avant la mission concurrente de l'avion orbital X-37B américain lancée le 29 décembre, qui avait été retardée à cause du lanceur SpaceX - et il est toujours en orbite à ce jour.

Le correspondant de SpaceNews, Andrew Jones, avait récapitulé les activités du CESHQ (Chongfu Shiyong Shiyang Hangtian Qi - avion spatial réutilisable) tout au long du 2<sup>ème</sup> vol d'essai et les a récapitulées : « *Le vaisseau spatial a effectué de nombreuses manœuvres orbitales, petites et beaucoup plus importantes, au cours de son vol, avec des ajustements effectués les dernières semaines en vue de l'atterrissage ... qui a probablement eu lieu à la base militaire de Lop Nur au Xinjiang. Les informations sur l'orbite du vaisseau spatial suggèrent qu'une trajectoire orbitale au-dessus de l'installation vers 00h20 UTC a fourni l'opportunité d'atterrir* ». Comme Jones l'avait écrit en août 2022, le vaisseau spatial a également mis en orbite un petit satellite 90 jours après le début de son vol. Bien que le but et la nature de ce satellite soient inconnus, les données de suivi obtenues par l'US Space Force (USSF) ont révélé que le petit satellite restait très proche de l'avion spatial. Bien que ce vol ait constitué une étape importante pour la recherche chinoise sur la technologie des engins spatiaux réutilisables, il n'est rien en comparaison des réalisations du X-37B, qui a effectué plus de six vols d'essai depuis avril 2010.

Concernant la réutilisabilité, la Chine développe des engins spatiaux dans le cadre d'un programme plus vaste, comprenant un système de lancement ultra-lourd similaire au Starship de SpaceX.



Mais le **X-37B** de l'armée américaine est mieux connu (les détails des vols de l'OTV restent toutefois hautement confidentiels). Cependant, diverses sources ont confirmé que les objectifs incluent le développement de véhicules de reconnaissance orbitaux à usage militaire et le test de technologies d'engins spatiaux réutilisables, de moteurs hypersoniques et de systèmes de guidage autonomes). Pesant près de cinq tonnes au lancement, le véhicule sans équipage de presque neuf mètres de long est lancé à l'aide d'une fusée conventionnelle comme la SpaceX Falcon Heavy en décembre 2023 (pour la 1<sup>ère</sup> fois) ; et il atterrit de manière autonome sur une piste à la fin de sa mission. La dernière mission OTV-7, a envoyé le second exemplaire du Boeing X-37B (son quatrième vol) vers une orbite exceptionnelle et très elliptique, qui a emmené l'engin spatial à l'apogée de 38 838 km, et avec un périégée de 323 km... rien à voir avec une LEO (orbite terrestre basse).

Le TPS du X-37B utilise des tuiles similaires à la navette sur la surface inférieure, avec une alternative moins coûteuse au carbone-carbone renforcé appelée *Tufroc*, développée pour le X37B, installée sur le nez et les bords d'attaque (c'est un matériau composite en fibre de carbone dans une matrice de graphite ; une base intéressante aussi pour les freins de voitures de Formule 1 ou d'avions).

Ces deux avions spatiaux déjà « anciens » devraient bientôt être rejoints par le **Dream Chaser**, développé par la société Sierra Space, pour transporter à la fois des marchandises et des astronautes.

Mais la NASA veut prouver sa sécurité avant de transporter des personnes en l'utilisant d'abord pour emmener des marchandises vers la station spatiale. Avantage de cet avion spatial : il aurait la capacité de ramener sur terre des marchandises relativement fragiles, grâce à un atterrissage plus doux et, de plus, avec une capacité non négligeable.

Les tuiles qui protègent Dream Chaser sont fabriquées à partir de silice et chacune a une forme unique adaptée à la zone du véhicule qu'elles sont conçues pour protéger.



Vue rapprochée des tuiles de protection thermique du Dream Chaser.  
(image : Sierra space)



#### Dream Chaser

Assemblage des tuiles de protection thermique du véhicule spatial  
NB : la couleur blanche ou noire est due à un additif de couche superficielle.  
(Image : Sierra space).





### Sierra Space va-t-il transformer l'accès à l'espace ?

Même si le véhicule ressemble au système de transport spatial de la NASA, mieux connu sous le nom de *navette spatiale*, il est en réalité basé sur une conception différente de la NASA. La branche d'analyse des véhicules de la NASA au centre de recherche de Langley en Virginie a initialement étudié la conception et le design du véhicule sous le nom HL-20.

La NASA a étudié le véhicule pendant plus de 15 ans avant de transférer les recherches à la société Sierra Nevada de l'époque qui est devenue, en 2006, Sierra Space.

Cependant, des représentants de Sierra Space ont indiqué que le programme s'inspirait encore beaucoup de la navette spatiale, notamment de son système de protection thermique (TPS). L'itération actuelle de Dream Chaser est le DC-100, le premier véhicule de la flotte prenant le nom de Tenacity.

Le véhicule est recouvert de plus de 2 000 tuiles individuelles selon l'entreprise. Cela se compare à environ 24 000 pour une seule navette spatiale. Et la cause tient en partie à la taille du véhicule. En comparaison, Dream Chaser fait environ un quart de la taille des orbiteurs de la NASA. L'entreprise utilise également des dalles TPS plus grandes que celles de la navette. Chaque tuile Dream Chaser, bien que de taille légèrement différente en fonction de son emplacement sur le véhicule, mesure environ 25 x 25 cm, par rapport aux tuiles de 15 x 15 cm utilisées par la NASA. Toutefois, de manière semblable à la navette, chaque tuile du véhicule est d'un design unique : chaque tuile diffère par sa taille, sa forme, son épaisseur et sa densité, selon Sierra Space, avec aussi quelques différences significatives. Chacune des tuiles de Tenacity est constituée d'un matériau plus résistant que celui utilisé sur chacun des orbiteurs de la NASA, bien que le matériau soit toujours à base de silice. La plupart des matériaux blancs observés à bord de la navette spatiale sont



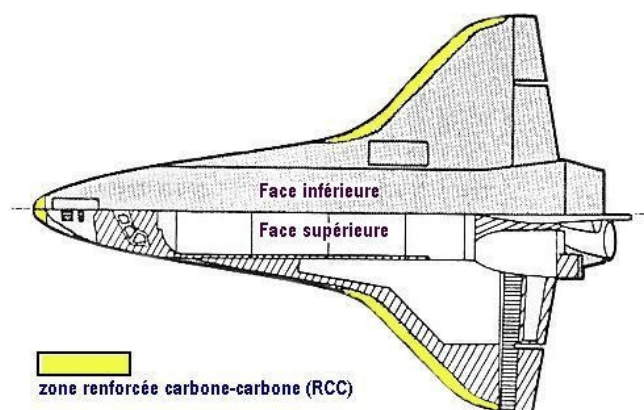
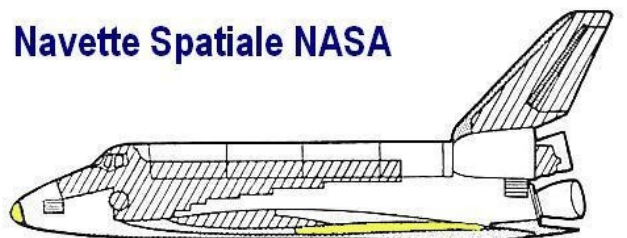
Les techniciens de Rockwell, réparent les tuiles du système de protection thermique (TPS) sur le bord de l'une des fenêtres de Columbia avant le lancement de la mission STS-4.

une couverture thermique plutôt que des tuiles ; à mesure que de nouveaux orbiteurs étaient construits, les véhicules utilisaient davantage la couverture thermique afin de réduire le poids du véhicule. Pour Dream Chaser, ce sont des tuiles noires et blanches. Sierra Space a déclaré que la principale

différence entre les deux réside dans un additif spécial apporté à la couche extérieure en verre.

Une différence significative est donc que le véhicule se compose principalement de deux types de tuiles, noires et blanches.

### Navette Spatiale NASA



zone renforcée carbone-carbone (RCC)

La navette spatiale avait des parties de l'orbiteur qui devaient être renforcées pour supporter la chaleur de la rentrée, notamment le nez et le bord d'attaque des ailes. À ces endroits, la NASA utilisait des dalles spéciales en carbone renforcé (RCC) pour résister aux températures plus élevées.

D'après Sierra Space, les carreaux standards peuvent résister jusqu'à 1 420 °C pour plusieurs cycles de rentrée, et des carreaux spécialisés peuvent aller plus haut en température mais pour un usage unique.

Les tuiles servent aussi à plusieurs fins. En plus de protéger le véhicule lors de la rentrée, cela aidera également à normaliser la température à l'intérieur de l'engin lorsqu'il est exposé directement au soleil. Les températures peuvent atteindre 120° C en orbite pendant la lumière du jour. Les tuiles peuvent aider à maintenir une température constante pour les expériences, et éventuellement pour un équipage à l'intérieur.

Ainsi, Tenacity et les futures missions cargo Dream Chaser vers l'ISS effectueront des vols dans le cadre de la série de contrats *Commercial Resupply Services-2* de la NASA. Sierra Space serait la troisième et dernière compagnie à voler dans le cadre de ce contrat. Le véhicule de ravitaillement Cygnus de Northrop Grumman ainsi que le Cargo Dragon v2 de SpaceX



Dream Chaser avec le module cargo Shooting Star. (Image : Sierra Space)



complètent le contrat. Dream Chaser devrait fournir au moins sept missions cargo sans équipage dans le cadre de ce contrat.

Les ailes pliables sont aussi un facteur de conception unique avec cette variante de Dream Chaser. Cela permet non seulement d'obtenir un profil de véhicule plus petit lorsqu'il est amarré à l'ISS, mais également de s'adapter à n'importe quel carénage de charge utile de cinq mètres.

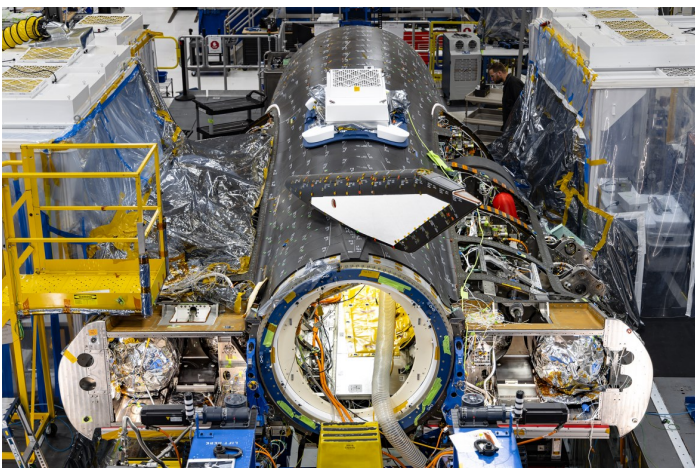


Les techniciens à l'intérieur du véhicule Dream Chaser. (Image : Sierra Space)

Pour l'instant, le véhicule devrait être lancé au sommet du tout nouveau véhicule de United Launch Alliance (ULA), Vulcan Centaur, en particulier la variante 542 (volant avec un carénage de charge utile de 5 mètres, quatre propulseurs de fusée solides Northrop Grumman GEM-63XL et un double moteur Centaur pour l'étage supérieur). Le vol Dream Chaser Demo-1 est actuellement prévu pour voler à bord du 2<sup>ème</sup> vol de la fusée, après le succès de son vol inaugural début janvier. Tenacity devrait donc voler en 2024. Dream Chaser devrait transporter jusqu'à cinq tonnes de fret sous pression et une 1/2 tonne de fret non pressurisé vers l'ISS. Cela est en partie dû au module cargo *Shooting Star* attaché au véhicule, à la manière du « trunk » de la capsule Dragon de SpaceX.

Les équipages pourront accéder au *Shooting Star* via la trappe arrière et s'amarrer à la station spatiale. Une fois ouvert, les équipages peuvent ensuite l'utiliser pour accéder au véhicule Dream Chaser lui-même et fournir un environnement de cabine normal pour que les astronautes puissent travailler.

*Shooting Star* n'est pas réutilisé et sera éliminé avant la rentrée de Dream Chaser. Sierra Space affirme offrir ce service pour aider à éliminer les déchets ou autres objets dont on n'a plus



Aperçu du véhicule Dream Chaser recouvert de tuiles, y compris l'empennage vertical. (Image : Sierra Space)

besoin dans l'espace ou sur Terre. Cependant, Dream Chaser ne deviendra que le deuxième véhicule cargo utilisé aujourd'hui à offrir une capacité de charge, certes réduite, pour ramener des expériences et des équipements sur Terre. Le véhicule sera capable de restituer 1,75 tonne et pourra atterrir sur la plupart des pistes conventionnelles. Il est actuellement prévu d'atterrir au centre de lancement et d'atterrissage du centre spatial Kennedy de la NASA. Tenacity, ainsi que *Shooting Star*, devaient être envoyés au centre de recherche Glenn de la NASA dans l'Ohio pour subir des tests thermiques sous vide, ainsi que des tests de vibration et d'acoustique.

**Dans un avenir proche, les avions spatiaux semblent prometteurs** (matériaux améliorés, techniques et outils informatiques avancés de modélisation et de simulation pour optimiser la conception et les paramètres de vol, et des améliorations continues des systèmes de propulsion).

**Gouvernements, agences spatiales et entreprises privées du monde entier investissent massivement dans la recherche et le développement d'avions spatiaux et nous pouvons envisager un avenir où les vols avec ces véhicules deviendraient monnaie courante.**



Dream Chaser en cours d'évaluation au centre de test Neil Armstrong de la NASA. (Image : NASA)





Une réussite technique phénoménale et un véritable triomphe des ingénieurs sur certains dirigeants de la NASA qui n'ont jamais voulu qu'Ingenuity vole...

Il s'avère que l'hélicoptère martien de la NASA était bien plus révolutionnaire que ce que nous pouvons penser. Ingenuity offrait plus de puissance de calcul que toutes les autres missions spatiales de la NASA réunies. Toutes les distinctions sont méritées pour les exploits du petit hélicoptère Ingenuity de la NASA sur Mars.

Et « *La petite mission qui pouvait* » l'a fait, en effectuant 72 sorties à travers la planète rouge et en repoussant les frontières de l'exploration vers l'inconnu. Pourtant, aussi impressionnants que soient les exploits d'Ingenuity au cours des trois dernières années, et même si ses pales en fibre de carbone ne tourneront plus, son travail ne fait que commencer.

L'ingéniosité a été révolutionnaire de deux manières importantes qui se répercuteront sur la culture de la NASA et sur ses efforts d'exploration pour les décennies à venir. Bien qu'il soit impossible de connaître l'avenir, ces deux impacts semblent extrêmement positifs pour nos efforts visant à percer les secrets de notre Système solaire.

• Tout d'abord, et c'est le plus évident, la NASA a désormais démontré que le vol propulsé est possible sur d'autres mondes. C'est une idée qui n'est plus théorique ; c'est ancré dans la réalité. « *L'ingénierie a complètement bouleversé notre façon d'explorer en introduisant cette nouvelle dimension qu'est la mobilité aérienne* », a déclaré Lori Glaze, Directrice générale des sciences planétaires à la NASA.



Lori Glaze

• D'une autre manière, sans doute plus importante, Ingenuity pourrait changer à jamais la façon dont la NASA, d'autres agences spatiales et éventuellement des entreprises privées explorent et colonisent le Système solaire. Le programme l'a fait en utilisant des pièces commerciales disponibles dans le commerce.

Les scientifiques et ingénieurs qui ont construit l'hélicoptère n'avaient pas le choix. Voler sur Mars est incroyablement exigeant. L'air est si raréfié qu'il équivaut à voler à une altitude de 24 000 m sur Terre, soit trois fois plus haut que le sommet du mont Everest. Les hélicoptères sur Terre peuvent atteindre une altitude maximale d'environ 7 500 m avant que l'air ne soit trop raréfié pour supporter la rotation de leurs pales. Alors pour répondre aux exigences de Mars, les concepteurs d'Ingenuity ont dû être impitoyables dans leurs choix. Ils ne pouvaient pas se permettre une masse de composants résistants aux conditions spatiales, massifs et aux coûts exorbitants. Ils ont donc acheté des pièces disponibles dans le commerce et

ont lancé les dés, avec des résultats étonnants. Et de nombreuses missions de la NASA ne seront plus jamais les mêmes.

Glaze et d'autres responsables de la NASA ont établi une comparaison entre Ingenuity et le vol des frères Wright de 1903. Construit par Orville et Wilbur Wright, cet avion expérimental a effectué le premier vol propulsé sur Terre il y a 120 ans. Il a volé quatre fois, parcourant une distance de 260 mètres lors de



Premier vol motorisé des frères Wright le 17 décembre 1903.

son dernier vol le 17 décembre 1903. Après l'atterrissage, des vents violents ont renversé l'avion et détruit le véhicule. Sur Mars, Ingenuity est devenu le premier véhicule à effectuer une démonstration de vol propulsé sur une autre planète. Lors de son 72<sup>ème</sup> vol, une ou plusieurs de ses quatre pales ont été endommagées lors d'un atterrissage brutal sur la planète rouge.

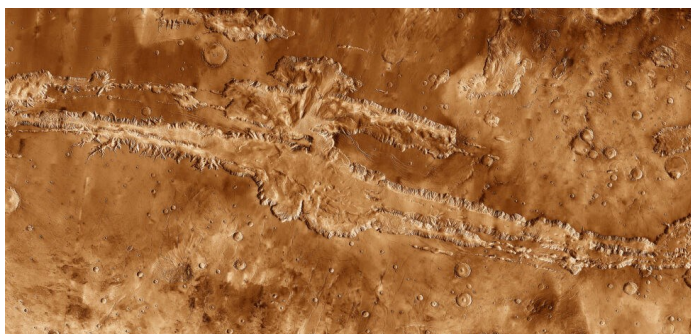
Après que les frères Wright aient démontré ce qui était possible, les concepteurs en Europe et ailleurs ont continué à faire progresser la technologie. Au moment de la Première Guerre mondiale, l'aviation est devenue une composante importante de la guerre et une force de transport civil quelques décennies plus tard. Aujourd'hui, environ 100 000 vols d'avions décollent et atterrissent chaque jour dans le monde. La transformation a été monumentale.

Glaze et d'autres envisagent un impact similaire du succès d'Ingenuity sur les efforts humains visant à explorer d'autres mondes du Système solaire.



Laurie Leshin

« *En tant que scientifique de Mars, je rêve d'un hélicoptère explorant les canyons de Valles Marineris* », a déclaré Laurie Leshin, qui a travaillé sur le projet Ingenuity, et qui est aujourd'hui Directrice du JPL. « *Ce type de mobilité peut nous emmener dans des endroits que nous n'aurions jamais imaginé pouvoir explorer sur Mars. Et les possibilités sont vraiment infinies* ».



MARS Valles Marineris, le plus grand canyon du système solaire, mesure 4 000 km de long et 7 km de profondeur. Le terrain accidenté le rend inaccessible aux rovers.

(Image: NASA)



## Pousser la technologie plus loin

La NASA a déjà de grands projets pour des machines volantes sur d'autres mondes. La mission *Dragonfly* vers la plus grande des lunes de Saturne, Titan, est peut-être la plus intrigante d'entre elles. Le véhicule, que le laboratoire de physique appliquée Johns Hopkins de Laurel (Maryland) construira et exploitera, devrait être lancé en juillet 2028.

Il s'agit d'une mission très audacieuse, qui vise à faire voler un drone à propulsion nucléaire (RTG), de la taille d'une automobile, au-dessus des sables riches en matières organiques de Titan. Voler sur Titan présenterait des facilités car son atmosphère est environ 50 % plus épaisse que celle de la Terre à la surface. Mais malgré cela, développer et faire voler un si gros véhicule dans un environnement relativement inconnu représente un défi de taille. Toutefois, si Ingenuity a volé, il y a tout lieu de croire que Dragonfly en sera capable aussi.



Vue d'artiste de **Dragon Fly** (Libellule) survolant Titan.  
(Image : NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben)



**Teddy Tzanetos**

Des plans sont déjà en place pour moderniser les futurs hélicoptères martiens. Le chef de l'équipe Ingenuity du Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en Californie, Teddy Tzanetos, a expliqué dans une interview que chacun des vols du véhicule sur Mars fournissait des données précieuses. Auparavant, les ingénieurs avaient des théories sur ce à quoi s'attendre et sur les performances des avions, mais ils disposent désormais de données bien réelles.

Tzanetos a déclaré que la prochaine génération d'hélicoptères martiens s'appuie déjà sur les enseignements d'Ingenuity. Dans le cadre des projets actuels de la NASA visant à restituer des échantillons de roches de la surface de Mars – *qui restent en évolution en raison de problèmes de financement* – l'agence spatiale pourrait utiliser une ou plusieurs de ces machines volantes pour récupérer des échantillons en vue d'un retour sur Terre.

Cela nécessitera des performances accrues, à la fois en termes de vol long et de transport d'une charge utile plus lourde. Tzanetos a déclaré que la nouvelle conception augmente le diamètre du rotor de l'hélicoptère de 1,2 à 1,4 m. Les rotors d'Ingenuity tournaient très rapidement : leurs pointes se déplaçaient à une vitesse de Mach 0,65 (65 % de la vitesse du son à la surface de Mars). La prochaine génération tournera jusqu'à Mach 0,95.

« Nous allons vraiment courir à une vitesse proche de celle du son », a déclaré Tzanetos. « Nous allons donc repousser les limites ».

### Quelles sont les limites ?

Le succès d'Ingenuity permettra à davantage de planificateurs de missions sur Mars et ailleurs d'envisager l'utilisation de véhicules aériens dans le cadre de leurs conceptions. Les opérateurs de l'hélicoptère espèrent qu'Ingenuity ouvrira les vannes de ce qui est possible, tout comme le vol des Wright a poussé les passionnés et les futurs aviateurs à élargir leur

imagination il y a plus d'un siècle.

« *Maintenant que nous savons que cette capacité est possible, nous allons repousser les limites de ce que nous pouvons faire* », a déclaré Glaze.

Certains planétologues rêvent depuis longtemps de déployer et de faire voler un ballon ou un véhicule similaire dans l'atmosphère de Vénus. Près de la surface de ce monde d'une chaleur infernale, l'atmosphère est écrasante. Mais plus haut, il existe des pressions atmosphériques très proches de celles de la Terre, ce qui rendrait fructueuse une exploration à long terme par un véhicule semblable à un ballon.

Chaque monde présente ses propres défis et opportunités. L'atmosphère extrêmement mince de Mars est légèrement compensée par la réduction de la force de gravitation. Cela représente environ un tiers de celui de la Terre, favorable à des technologies telles que les avions à voilure fixe et autres machines volantes.

La mobilité aérienne a également des implications pour les astronautes. Les missions humaines sur Mars utiliseront probablement des hélicoptères ou des drones pour étudier le terrain avant de s'aventurer à pied ou à bord d'un rover. S'il existe plusieurs camps de base, des flottes de petits avions pourraient livrer des colis entre eux. Et un jour, les humains pourront sans doute survoler la surface de la planète rouge...

### Acheter du matériel du commerce

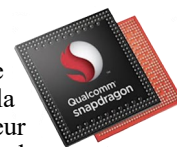
Aussi cool que puisse être le journal de vol d'Ingenuity, la meilleure histoire est peut-être de savoir comment les ingénieurs du Jet Propulsion Laboratory de la NASA l'ont fait.

En raison de la faible atmosphère susmentionnée, l'équipe était limitée à une masse d'à peine 2 kg pour l'ensemble de l'hélicoptère. Et cela comprenait les pales de l'hélicoptère, qui sont très longues, les batteries, l'ordinateur, les capteurs et la caméra, les jambes, le panneau solaire, et la structure de soutien de ce bazar... Alors, comment l'équipe a-t-elle fait ?

Eh bien, ils ont abandonné le matériel traditionnel et spatial. Ils ne pouvaient tout simplement pas accepter la pénalité de masse.

Par exemple, l'ordinateur RAD750 qui fait fonctionner la plupart des vaisseaux spatiaux modernes, y compris le rover Perseverance, pèse plus de 500 g. Ils ne pouvaient pas « prendre » autant de masse avec l'ordinateur, même s'il était spécialement conçu pour les vols spatiaux et s'il était résistant aux radiations.

Au lieu de cela, Tzanetos a déclaré qu'Ingenuity utilisait une puce informatique pour smartphone de l'ère 2015 : un processeur Qualcomm Snapdragon 801 qui a une masse d'environ 15 grammes. Le RAD750, introduit en 2001, est basé sur la technologie des années 1990. Le processeur Qualcomm moderne a été conçu pour la performance et bénéficie de 20 années d'avancées dans la technologie des microprocesseurs. En plus d'être beaucoup moins cher, la nouvelle puce offre des performances bien supérieures (le RAD750 coûte environ 250 000 dollars, tandis que le processeur Qualcomm est utilisé dans les téléphones mobiles bon marché).



« *Le processeur d'Ingenuity est 100 fois plus puissant que tout ce que le JPL a envoyé dans l'espace lointain, combinés* », a déclaré Tzanetos. Cela signifie que si vous additionnez toute la puissance de calcul utilisée lors des grandes missions de la NASA au-delà de l'orbite terrestre, de Voyager à Juno en passant par Cassini et le télescope spatial James Webb, la petite

puce d'Ingenuity offre des performances plus de 100 fois supérieures.

Une philosophie similaire a été appliquée à d'autres composants, tels que les batteries rechargeables embarquées ; celles-ci sont similaires aux piles au lithium vendues avec les outils électriques des quincailleries. Le lithium déteste les cycles de température, et à la surface de Mars, il serait soumis à un cycle infernal de températures allant de  $-90^{\circ}\text{C}$  à  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Le miracle d'Ingenuity est que tous ces composants disponibles dans le commerce ont fonctionné. Les radiations n'ont pas grillé l'ordinateur Qualcomm. Les cycles thermiques brutaux n'ont pas détruit la capacité de stockage de la batterie. De même, l'avionique, les capteurs et les caméras ont tous survécu même s'ils n'avaient pas été achetés avec des mandats adaptés aux vols spatiaux.

« *C'est une victoire massive pour les ingénieurs* », a déclaré Tzanetos.

En effet, ça l'est. Même si les missions les plus critiques de la NASA, pour lesquelles l'échec n'est pas une option, utiliseront probablement encore du matériel spatial, le succès d'Ingenuity ouvre une nouvelle voie pour la plupart des missions scientifiques. Ils peuvent être moins chers, plus légers et plus performants à tous égards. C'est une libération presque inimaginable pour les planificateurs de mission.

#### L'héritage de l'ingéniosité.

Le concept de faire voler Ingenuity est apparu juste au bon moment, au début des années 2010, alors que la NASA finalisait les charges utiles qui voleraient sur le rover Perseverance vers Mars, en 2020. Lorsque la NASA a dû décider si elle devait ou non faire voler cette mission de démonstration technologique, la bonne combinaison de technologies était en ligne : des batteries à haute densité énergétique, des processeurs hautes performances pour les appareils mobiles, des caméras légères et des accéléromètres MEMS pour mesurer l'accélération.

**Ces appareils ont été poussés et perfectionnés dans le cadre de la révolution de la téléphonie mobile.**

**S'il n'y avait pas eu les smartphones, il n'y aurait pas eu d'Ingenuity. C'était la confluence parfaite.**

**Cela a abouti au miracle sur Mars.**



L'ombre de l'hélicoptère Ingenuity sur la surface de Mars, photographiée lors d'un vol. (Image : NASA - JPL)

### Avant qu'Ingenuity n'atterrisse sur Mars, les scientifiques ont presque réussi à le tuer.



C'est la dernière photo que le rover Perseverance a prise d'Ingenuity avant de s'éloigner définitivement de son dernier lieu de repos. (Image : NASA/Simeon Schmauss)

Oui, l'équipe scientifique de *Mars 2020* n'était pas intéressée par l'hélicoptère Ingenuity.



**MiMi Aung**  
Elle a rejoint le JPL en 1990.

MiMi Aung pouvait à peine contenir son enthousiasme alors qu'elle remontait Oak Grove Drive, l'artère verdoyante menant au Jet Propulsion Laboratory de la NASA.

Aung avait passé ses années de formation en Birmanie et en Malaisie, deux pays sans programme spatial. Une carrière dans l'aérospatiale semblait hors de sa portée. Et pourtant, elle se trouvait là, à 22 ans, avec un entretien d'embauche pour éventuellement travailler sur le Deep Space Network (Réseau de communication pour l'espace profond, de la NASA). Aung rêvait d'aider la NASA à intercepter et à amplifier les faibles signaux renvoyés vers la Terre depuis les vaisseaux spatiaux les plus éloignés de l'humanité, y compris les sondes *Voyager*.

« *Je m'en souviens comme si c'était hier* », a déclaré Aung.

Ce jour-là, en 1990, cet ingénieur passionné de mathématiques a visité les installations du laboratoire et interrogé des managers potentiels. Aung parlait rapidement et posait des tas de questions. « *J'avais immédiatement l'impression d'être à la maison* ». Elle est de nature énergique et enthousiaste. « *Vous êtes comme un enfant dans un magasin de bonbons* », a fait remarquer l'un des managers. Elle était comme ça en effet, Aung ne pouvait pas s'en empêcher. Plus que partout ailleurs dans le monde, c'est là qu'elle voulait être.

Elle a obtenu le poste. Aung travaillera plusieurs années sur le Deep Space Network et sur divers autres programmes. Finalement, elle est devenue gestionnaire, supervisant les systèmes de guidage, de navigation et de contrôle qui aident les vaisseaux spatiaux à voler.

En 2014, elle a eu le choix. Aung pourrait rester Directeur – un poste privilégié dans la hiérarchie du Jet Propulsion Laboratory (JPL) – ou reprendre un projet naissant, visant à développer un petit hélicoptère qui pourrait un jour voler sur Mars.

Aung a franchi le pas. Elle et une petite équipe se sont plongés dans les détails techniques d'un défi d'ingénierie presque impossible en raison de l'air exceptionnellement rare sur la planète rouge. Mais alors même que l'équipe progressait, un formidable



éventail d'adversaires s'est aligné contre le « programme *Ingenuity* » destiné à embarquer à bord du rover Perseverance, à destination de Mars en 2020.

À maintes reprises, au JPL, dans les étages supérieurs du siège de la NASA à Washington DC, et dans les couloirs du Congrès, des critiques ont tenté de tuer *Ingenuity*. Et à plusieurs reprises, ils ont failli y parvenir.

### L'origine d'Ingenuity

Les scientifiques « fous » du JPL rêvaient depuis un moment de voler sur Mars. Un ingénieur nommé Bob Balaram a commencé à réfléchir à cette idée dans les années 1990, et lui et une petite équipe ont reçu un peu d'argent pour mettre le concept sur papier. Mais avant qu'ils puissent commencer à construire quoi que ce soit, le financement s'est tari. Le projet est resté dans la glace pendant plus d'une décennie.

Mais, il a reçu une nouvelle vie en 2013 lorsque le Directeur de longue date du JPL, un scientifique et ingénieur né au Liban nommé Charles Elachi, visitait la division de guidage et de navigation. Le groupe comptait environ 1 000 employés, dont Aung, Directeur adjoint. Elle accompagnait Elachi et un ingénieur principal du laboratoire, René Fredat. Après avoir visité le laboratoire de drones, ils sont montés à bord d'un petit bus pour se rendre à l'arrêt suivant.

« Pourquoi ne pilotez-vous pas de drones ou d'hélicoptères sur Mars ? » a demandé Elachi à Fredat.

Ni lui, ni Aung n'avaient de bonne réponse. Elachi a cependant fourni un peu de financement de démarrage à Balaram et à quelques autres pour mettre à jour leurs calculs des années 1990 et déterminer si la révolution de la miniaturisation, stimulée par la technologie de la téléphonie mobile, permettrait de voler sur Mars, là où un véhicule devait être extrêmement léger mais capable de faire tourner ses pales à des milliers de tours par minute. Aung a été invitée à soutenir le projet en tant que travail secondaire.

Finalement, cela lui prenait de plus en plus de temps. En septembre 2014, Aung a dû choisir entre rester à la tête d'une grande division ou prendre en charge le projet d'hélicoptère, alors même que des vents politiques défavorables soufflaient autour de l'idée qu'*Ingenuity* enlèverait un espace précieux sur le rover Perseverance pour les expériences scientifiques.

Aung : « Avec le recul, je réalise à quel point c'était terrible d'abandonner [un rôle de direction au JPL] ». Cependant, sa grande chance... elle l'a saisie.

### Essayer de le tuer

Quelques mois avant qu'Aung n'accepte de prendre en charge la gestion du projet d'hélicoptère sur Mars, la NASA annonçait les sept charges utiles « soigneusement sélectionnées » qui accompagneraient le rover Mars 2020 (comme on l'appelait alors) jusqu'à la surface de la planète rouge. Ces charges utiles avaient été sélectionnées parmi 58 propositions.

« Le rover Mars 2020, avec ces nouveaux instruments scientifiques avancés, y compris ceux de nos partenaires internationaux, promet de percer davantage de mystères sur le passé de Mars, comme le révèlent les archives géologiques », a déclaré John Grunsfeld, qui était chef de la direction

des missions scientifiques de la NASA, à l'époque.

Bien entendu, l'hélicoptère ne faisait pas partie des sept charges utiles retenues. Pourquoi ?

Parce que cela ne servirait pas à faire avancer la recherche scientifique qui devait être menée sur Mars.

Principalement, le rover rechercherait des preuves de vies passées. Et pour les scientifiques, une démonstration technologique telle qu'un hélicoptère était, au mieux une nuisance, et au pire cela pouvait mettre en péril l'ensemble de la mission.

« La communauté scientifique n'était tout simplement pas intéressée par *Ingenuity* », a déclaré Bobby Braun, un ingénieur aérospatial qui a travaillé sur la mission Mars Pathfinder dans les années 1990, et qui a fait carrière dans le milieu universitaire et dans la fonction publique.

Bien que l'hélicoptère n'ait pas été sélectionné pour voler sur le rover Mars 2020, Elachi n'acceptait pas de réponse négative. Il a donc enrôlé un lieutenant de confiance du JPL, Jakob van Zyl, pour diriger le programme. Ils ont trouvé un financement



Jakob van Zyl (à gauche) aux côtés de Thomas Zurbuchen

interne pour poursuivre le projet. Après qu'Aung ait accepté de diriger les aspects techniques du projet, van Zyl s'est occupé du côté programmation des choses.

Elachi mènerait le combat politique pour que l'hélicoptère soit à bord du rover. Aung devait faire en sorte que ça marche.

### L'hélicoptère perd un allié clé

À l'été 2016, le programme d'hélicoptères a subi un coup dur. Son fervent soutien, Elachi, a pris sa retraite à l'âge de 69 ans. Après avoir dirigé le JPL pendant 15 ans, il avait exercé une énorme influence. Elachi avait également cultivé une profonde amitié avec un républicain du Texas, au Congrès, John Culberson, qui présidait le sous-comité de la Chambre des représentants chargé de fixer le budget de la NASA.

Les deux hommes ont maintenu la mission en vie même s'ils n'avaient pas de poste d'amarrage officiel sur la mission Mars 2020, qui n'avait pas encore été nommée *Perseverance*. Toutefois, Elachi étant hors de vue, van Zyl se retrouva bientôt dans des eaux troubles.

Quelques mois après le départ à la retraite d'Elachi, la Direction scientifique de la NASA s'est dotée d'un nouveau chef, un astrophysicien suisse-américain nommé Thomas Zurbuchen. Il a été immédiatement confronté à de nombreuses inquiétudes émanant du laboratoire californien. L'atterrisseur *InSight*, qui avait déjà été retardé par rapport à son lancement prévu en 2016, risquait de manquer une fenêtre de lancement en 2018. Le JPL avait également des échéances à venir pour le rover Mars 2020 et le vaisseau spatial *Psyche*. De plus, Culberson poussait le laboratoire à développer une sonde de 4 milliards



Charles Elachi,  
Directeur du JPL de 2001 à 2016.

de dollars pour étudier une lune de Jupiter : Europe.

« *Ils étaient dépassés* », a déclaré Zurbuchen.

Au cours de sa première semaine de travail, Zurbuchen a rencontré deux hauts dirigeants de la NASA : l'administrateur de l'agence, Charles Bolden (ancien astronaute), et son puissant administrateur associé, Robert Lightfoot. Tous deux l'ont exhorté à mettre fin au programme d'hélicoptère. Bolden suivait les conseils de ses scientifiques et Lightfoot a également estimé que le JPL était submergé de travail et n'avait pas à se distraire avec cet hélicoptère expérimental.

Les dirigeants de la NASA n'étaient pas seuls. Zurbuchen a rencontré aussi deux communautés catégoriquement opposées à l'hélicoptère.

- Il y avait des scientifiques "martiens" qui estimaient qu'il n'était pas approprié qu'une démonstration technologique occupe de l'espace de charge utile sur le rover, et consomme une partie de son temps au détriment de l'objectif réel de la mission, qui est d'étudier l'habitabilité passée de la planète.
- Et puis il y avait les responsables de la mission Mars 2020.

« *Ils étaient contre* », a déclaré Zurbuchen... « *En fait, ils étaient simplement de bons managers. C'est exactement la bonne réponse. Il ne faut jamais se distraire avec des choses qui ne sont pas nécessaires* ».

Il aurait été facile de supprimer l'hélicoptère sans Elachi. Cela aurait été un problème de moins pour Zurbuchen, qui avait de nombreux dilemmes à résoudre. Il aurait pu le faire avec un coup de téléphone : « *Vous ne montez pas dans le rover* ».

Alors qu'il s'installait dans son nouveau travail, Zurbuchen s'est rendu compte que Lightfoot avait raison : le programme Mars 2020 était très en retard par rapport au calendrier de lancement prévu en juillet 2020. Tous ses instruments scientifiques, dont beaucoup étaient en train d'être assemblés au JPL, étaient en retard. Ils allaient faire exploser le budget.

Un moment critique est survenu début 2017 lorsque Zurbuchen a visité le JPL. Il a assisté à deux présentations sur d'éventuels ajouts à Mars 2020. L'une concernait un "banc test de forage", qui permettrait essentiellement aux chefs de mission de tester si les forêts du rover étaient contaminés. Lors de cette réunion, de hauts responsables ont informé Zurbuchen qu'il s'agissait d'une technologie « à haut risque ».

Van Zyl, Aung, Balam et le reste de l'équipe "Mars hélicoptère" sont venus ensuite. À l'époque, ils commençaient tout juste à tenter de faire voler un petit prototype d'hélicoptère dans une chambre simulant l'atmosphère de Mars. En

écoutant la présentation, Zurbuchen a réfléchi au fait que son équipe de direction au siège de la NASA était opposée à la mission. Les gestionnaires du rover ne l'aimaient pas. Et il n'était pas sûr que les ingénieurs qui faisaient la présentation comprenaient parfaitement les défis techniques auxquels ils étaient confrontés.

Par la suite, l'équipe de l'hélicoptère a fait une déclaration qui a irrité Zurbuchen. Alors que l'équipe forage avait qualifié leurs plans de « à haut risque », l'équipe hélicoptère déclarait que voler sur Mars présentait un « risque faible ». La première réaction de Zurbuchen a été : « *Pensent-ils vraiment que je suis aussi stupide ? ... Vous me racontez des conneries* », a déclaré Zurbuchen à l'équipe hélicoptère lors de la réunion.

Zurbuchen, des années après, était encore un peu énervé avec tout ça : « *Je leur ai dit que la première technologie datait de l'âge de pierre, celle du forage dans le sol, et que cela était considéré comme un gros risque ... La deuxième est un drone dans un endroit avec une atmosphère à 1 % de pression [en fait, en moyenne, 6,36 mbar comparé au 1 015 mbar de la Terre]. C'était censé présenter un faible risque ? ... Alors, en gros, j'ai dit : "Vous ne montez pas sur le rover" ».*

### Un chemin de retour

Zurbuchen avait donc adopté une ligne dure avec l'équipe de l'hélicoptère. Mais en tant qu'innovateur, il souhaitait trouver un moyen d'amener la machine expérimentale sur Mars. En apprenant à connaître Aung et van Zyl, ils ont gagné sa confiance. Cette évaluation « à faible risque » de l'hélicoptère martien... ils l'avaient fait, essentiellement, parce que les ingénieurs du JPL s'étaient déjà tirés d'affaire avec ce genre d'évaluation, ont-ils expliqué.

Oui, mais cette fois. Pour voler à bord de Mars 2020, Zurbuchen a déclaré que l'équipe devait surmonter deux problèmes majeurs :

- Premièrement, ils devaient livrer la machine. Cela signifiait piloter l'hélicoptère pour prouver qu'il pouvait réellement fonctionner. Et ils devaient respecter un budget de 80 millions de dollars, le montant que Culberson avait réussi à récolter au Congrès (suffisamment d'argent pour soutenir le programme, mais pas au point de ne pas susciter les attaques des autres membres du comité du budget).
- Deuxièmement, a déclaré Zurbuchen, l'hélicoptère ne pouvait pas mettre en danger la mission principale. S'il faisait du co-voiturage jusqu'à Mars, l'hélicoptère serait accroché sous Perseverance. Cela soulevait un problème potentiel, car si le rover atterrissait sur un rocher suffisamment gros, il pourrait rester coincé. D'après l'analyse de l'équipe Perseverance, voler avec l'hélicoptère augmentait donc le risque et même celui de bloquer le rover sur place.

Un autre problème qui préoccupait l'équipe du rover était le déploiement de l'hélicoptère. Et s'il ne parvenait pas à se détacher ? Perseverance ne pouvait pas vraiment faire le tour de la planète rouge avec l'hélicoptère resté sous son ventre. Parce qu'il ne croyait pas que JPL pouvait livrer à temps, Zurbuchen a confié le développement du mécanisme de déploiement à Lockheed Martin (et l'entreprise aérospatiale a livré précisément ce qui était nécessaire dans les délais et le budget prévus).

Alors qu'il proposait à Aung et à son équipe un chemin vers le rover, Zurbuchen a continué à entendre des personnalités influentes de la communauté de la NASA dire que c'était trop risqué. Parmi ceux qui l'ont appelé se trouvait Tom Young, ancien directeur du Goddard Space Flight Center de la NASA



Teddy Tzanetos, MiMi Aung et Bob Balam du projet Mars Helicopter de la NASA observent un vol de test en janvier 2019. (Image : NASA/JPL-Caltech)



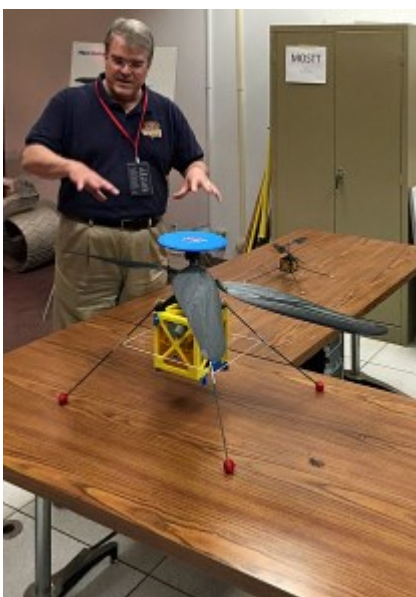
et ingénieur très respecté sur lequel on compte fréquemment pour examiner les programmes de la NASA. Une démonstration technologique expérimentale comme l'hélicoptère, a déclaré Young, n'avait aucune raison de voler dans le cadre des missions de « classe A » de l'Agence. De par leur conception, de telles missions nécessitaient une réduction maximale des risques. Ces grandes missions ne pouvaient pas échouer. Agir ainsi embarrasserait grandement la NASA et menacerait son financement futur.

Zurbuchen s'est également entretenu avec des alliés comme Culberson. Il a expliqué au membre du Congrès que si l'hélicoptère ne pouvait pas être livré en toute sécurité sur Mars, il n'y arriverait pas. Culberson a convenu que l'hélicoptère ne devrait pas voler si cela mettait en péril le succès du rover. « *Il ne m'a pas tordu le bras* », a déclaré Zurbuchen.

Mais ailleurs, c'est Culberson qui se tordait les bras...

#### John Culberson,

Membre du Congrès, au JPL en 2015, avec une maquette de l'hélicoptère Ingenuity



#### Surmonter les défis

Zurbuchen a déclaré qu'Ingenuity n'aurait jamais atteint Mars sans le soutien de Culberson. Le membre conservateur du Congrès du Texas était un fervent partisan de l'exploration spatiale. Il voyageait fréquemment à travers le pays pour visiter le Jet Propulsion Laboratory, d'abord avec Elachi, puis avec d'autres directeurs. Au cours de ces visites, il était surnommé « Président » en raison de sa position au sein du sous-comité des crédits de la Chambre qui gérait le budget de la NASA. Lorsque Culberson a entendu parler pour la première fois de l'hélicoptère lors d'une de ses visites au début des années 2010, il a été impressionné par son potentiel et déconcerté par l'opposition des dirigeants de la NASA.

Culberson : « *J'ai été abasourdi lorsqu'ils m'ont dit qu'ils ne voulaient pas le faire parce que c'était trop risqué ... C'est à ça que sert la NASA, une ingénierie brillante. Je ne lâcherais tout simplement pas prise. J'ai appris au cours de mes années de service public à faire confiance à mon instinct, et j'ai dit au siège que même si les rovers étaient magnifiques, la seule chose dont les gens se souviendront pour toujours ... c'est du premier aéronef à voler sur Mars* ».

Culberson avait le pouvoir de la bourse. Alors que la Maison Blanche nommait les dirigeants de la NASA et fixait les orientations politiques, le Congrès devait financer ses efforts. Culberson a inclus des postes budgétaires pour l'hélicoptère même si la NASA n'avait pas demandé l'argent. Et s'ils résistaient ?

« *En tant que président, il est possible de faire un peu de magie* », a-t-il expliqué.

Zurbuchen a rejoint Culberson lors de plusieurs visites, dont une avec l'équipe de l'hélicoptère en 2015 - sachant qu'ils bénéficiaient du soutien d'un membre influent du Congrès - pour constater par lui-même son enthousiasme pour le programme. MiMi Aung et son équipe ont relevé les défis techniques.

Le premier obstacle à surmonter était de construire un véhicule suffisamment léger et capable de voler. Les rotors devaient mesurer plus d'un mètre de long mais être suffisamment rigides pour tourner des milliers de fois par minute. L'hélicoptère avait besoin d'un panneau solaire pour collecter l'énergie et d'un solide jeu de batteries pour la stocker. Ensuite, il y avait les caméras pour l'imagerie et la navigation, un ordinateur de vol, et bien plus encore et, la chose la plus importante, la masse de tout ça.

Finalement, ils ont opté pour une masse maximale de 1,8 kg et se sont livrés à des batailles rangées pour les grammes. Un changement dans un domaine pouvait avoir de grandes implications en aval. Par exemple, le budget énergétique prévoyait d'utiliser environ la moitié de la puissance de l'hélicoptère pour voler et l'autre moitié pour garder ses batteries suffisamment chaudes la nuit, lorsque les températures chutent parfois jusqu'à  $-90^{\circ}$  C. Cependant, alors que l'équipe d'environ 20 personnes commençait les tests, elle s'est rendu compte que les besoins en énergie thermique étaient près du double de ce qu'ils avaient alloués. Ils ont donc dû faire des compromis difficiles sur la taille du panneau solaire et les batteries. Mais cela a, à son tour, tué leurs marges de masse. Finalement, ils se sont battus pour la température : dans quelle mesure les batteries d'Ingenuity devaient-elles être conservées au chaud la nuit ?

Avec van Zyl s'occupant des problèmes d'informatique et gardant à distance la bureaucratie du JPL, l'équipe d'Aung pouvait se concentrer sur ces problèmes techniques ; les jalons fixés, comme les démonstrations en vol, étaient des marqueurs de leur progression.

Aung : « *Nous étions obsédés par l'idée de respecter ces étapes parce que nous savions que si nous ne parvenions pas à franchir l'une d'elle, nous risquions d'être interrompus à ce moment-là. Nous formions une équipe tellement soudée et concentrée sur nos objectifs. C'est comme ça que nous avons survécu* ».

**#BREAKING @NASA news!**

**Dernières nouvelles de la NASA !**

À l'été 2017, Thomas Zurbuchen savait qu'une décision finale devait être prise prochainement. Pour évaluer les progrès techniques de l'équipe hélicoptère, il a demandé à Bobby Braun, alors devenu doyen du *Boulder College of Engineering and Applied Science de l'Université du Colorado*, d'examiner leur travail.

Initialement sceptique quant à l'idée, Braun en est ressorti impressionné. Il a rapporté à Zurbuchen que le concept était devenu un projet mature. L'équipe d'Aung avait réussi l'examen de la NASA avec brio.

Pourtant, la communauté scientifique et les responsables de mission s'y sont encore opposés. Bien que l'équipe d'Aung ait satisfait aux inquiétudes de la NASA concernant le risque que représente l'hélicoptère pour le succès global de la mission Mars 2020, dans un ultime effort pour tuer l'hélicoptère, certains scientifiques ont rendu publiques leurs inquiétudes.

Mais Zurbuchen était décidé. L'équipe d'Ingenuity avait rempli les deux conditions qu'il avait énoncées un an plus tôt. Maintenant, c'était à son tour d'agir. Il s'est rendu compte que la meilleure façon de gagner le soutien de la communauté spatiale serait de se mettre à l'abri. Il s'est adressé au, relativement, nouvel administrateur de la NASA : Jim Bridenstine.

Zurbuchen a dit à Bridenstine que l'annonce de l'hélicoptère serait meilleure si elle venait de lui. En tant que pilote, Bridenstine adorait ce genre de bravoure dans une mission d'exploration. Il était à fond pour.

En conséquence, le 11 mai 2018, Bridenstine a annoncé la décision sur le site du réseau social Twitter :

**"#BREAKING @NASA news ! Notre prochain rover vers Mars transportera le premier hélicoptère à survoler la surface d'un autre monde"**

Et dans un communiqué de presse, Bridenstine s'est montré expansif : "L'idée d'un hélicoptère volant dans le ciel d'une autre planète est passionnante", a-t-il déclaré. "L'hélicoptère martien est très prometteur pour nos futures missions scientifiques, de découverte et d'exploration sur Mars".

#### Jim Bridenstine

Administrateur de la NASA d'avril 2018 à janvier 2021.

C'est Bill Nelson qui lui a succédé en tant qu'Administrateur de la NASA.



#### Voler, enfin



#### Bobby Braun

Directeur des Sciences planétaires au JPL

Braun a rejoint le JPL en 2020 pendant quelques années pour diriger les programmes de sciences planétaires et de Mars. Même au cours des derniers mois précédant le lancement de la mission Mars 2020, des appels ont été lancés pour retirer Ingenuity du rover, car cela était considéré comme une distraction.

Pourtant, en regardant Aung et son équipe travailler, Braun savait que Zurbuchen avait pris la bonne décision.

« Chaque fois que vous faites quelque chose de nouveau, comme l'était Ingenuity, il y a toujours des gens qui s'y opposent », a déclaré Braun.

Après un concours, l'hélicoptère a été nommé Ingenuity en avril 2020 et lancé trois mois plus tard, au plus fort de la pandémie COVID. L'équipe de Perseverance s'était réunie sous la direction de Zurbuchen pour achever le rover et le mettre en état pour une mission « juste à temps ». Ce fut un moment magique au milieu d'un été de peste et de conflits raciaux...

Le rover a atterri en toute sécurité sur Mars en février 2021 et début avril, Ingenuity s'est déployé avec succès à la surface. Le 9 avril, lors du premier test de rotation des pales, le logiciel a "cafouillé". Après que l'équipe ait réalisé un correctif du logiciel, Ingenuity a réussi le test en faisant tourner ses pales à 2 400 tr/min le 16 avril. Trois jours plus tard, il a volé pour la première fois.

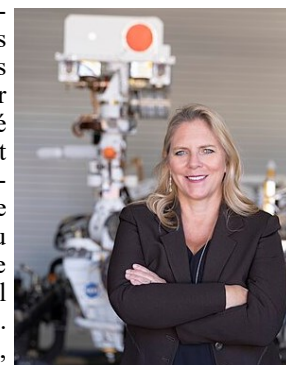
Aung et son équipe ont enfin pu prendre une profonde respiration, et célébrer la chose.

Cette image de l'hélicoptère de la NASA, Ingenuity, a été prise par la camera Mastcam-Z de Perseverance le 15 juin 2021.



Et puis il a continué à voler... Encore et encore... Cela posait en fait un problème. Si Ingenuity devait continuer à voler, il faudrait un temps précieux au rover pour surveiller sa progression, ainsi que des communications de relais entre l'hélicoptère et les contrôleurs de vol du JPL.

Zurbuchen a déclaré qu'il avait donné deux options à Jennifer Harris Trosper, qui était chef de projet Mars 2020 au JPL. Il n'allait pas arrêter l'hélicoptère. Zurbuchen a déclaré que l'équipe Mars 2020 pourrait travailler avec la communauté scientifique pour trouver un moyen de continuer à soutenir Ingenuity, ou qu'elle pourrait concevoir une mission « héros ». Ce serait un vol pénible qui sacrifierait l'hélicoptère. Tout le monde serait un peu triste, mais cela permettrait à Perseverance de continuer son bonhomme de chemin.



Jennifer Harris Trosper  
(Au JPL en 2021)

Pour Trosper et Ken Farley (un scientifique du projet Mars 2020), la décision a été facile. Ils voulaient qu'Ingenuity continue de voler car la machine était devenue un outil de reconnaissance utile. Au cours des 33 mois suivants, Ingenuity a survécu à de longues nuits d'hiver et à des tempêtes de poussière, nous stupéfiant tous en effectuant 72 missions. Au cours de sa vie, Ingenuity a passé un total de 2 heures et 9 minutes à planer dans l'air raréfié martien.

Ce qui est frappant, c'est que presque toutes les personnes clés qui ont permis à cette mission de se réaliser ont quitté leurs fonctions. Zurbuchen a pris sa retraite de la NASA fin 2022 après avoir passé près de sept ans à la tête de la direction scientifique. Aung a quitté la NASA en 2021 pour assumer un rôle de gestion de projet chez Amazon pour sa constellation de satellites du Projet Kuiper. Elachi a pris sa retraite en 2016. Culbertson a perdu sa réélection en 2018. Braun a quitté le JPL en 2022 pour diriger l'exploration spatiale au laboratoire de physique appliquée Johns Hopkins. Balaram vient de prendre sa retraite de la NASA. Et tragiquement, van Zyl est décédé d'une crise cardiaque en août 2020 ; il n'a jamais vu Ingenuity voler sur Mars.



Le Président Joe Biden en visio-conférence avec MiMi Aung lors du premier vol d'Ingenuity

**Il y a donc eu ce moment éphémère où les bonnes personnes, avec la bonne idée, se sont réunies pour réaliser quelque chose de vraiment remarquable. Tous étrangers de naissance, ils ont trouvé un foyer aux États-Unis avec la liberté d'errer là où leur imagination les a menés. Et puis, ils se sont séparés. Nous sommes incroyablement chanceux que cela se soit produit.**





### Perseverance a repéré l'hélicoptère Ingenuity sur son dernier aérodrome

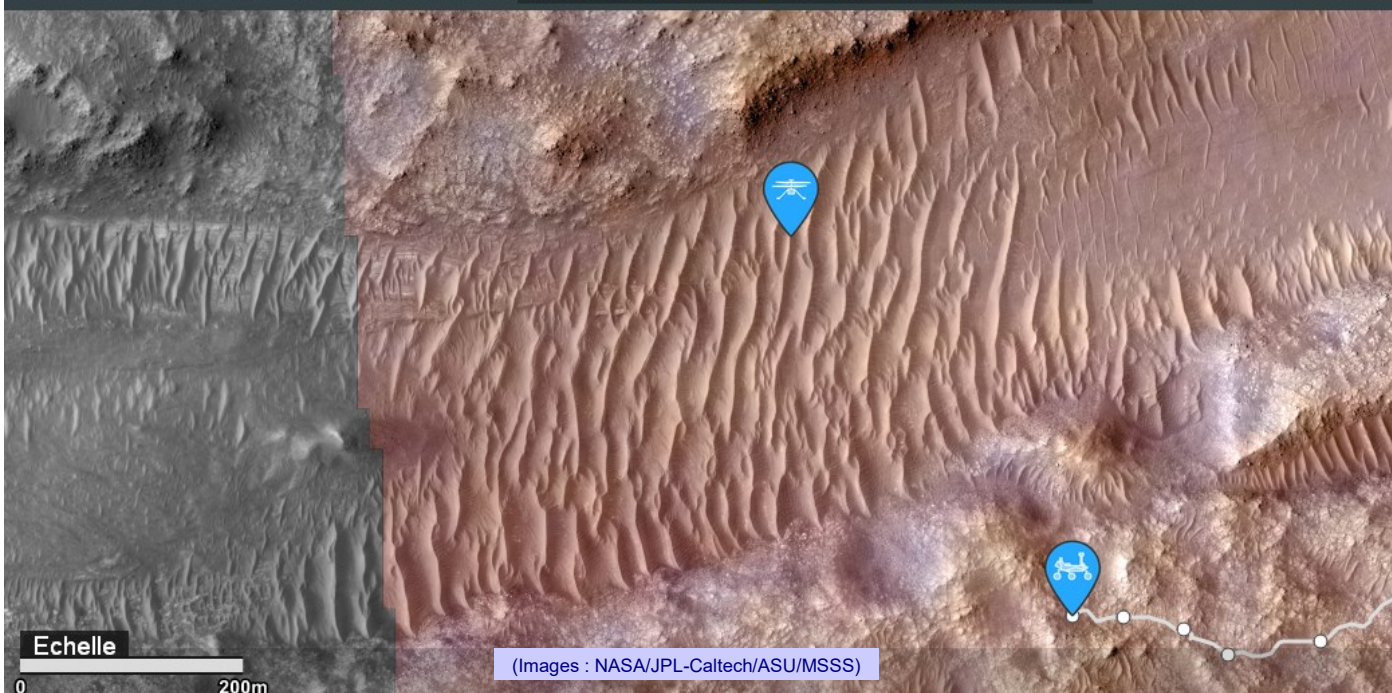
Le rover Mars **Perseverance** de la NASA a capturé cette mosaïque d'images montrant l'hélicoptère **Ingenuity** sur son dernier aérodrome le 4 février 2024. L'hélicoptère a endommagé ses pales de rotor lors de son dernier atterrissage après son 72<sup>ème</sup> vol, qui a eu lieu le 18 janvier 2024. L'équipe au sol contrôlant Ingenuity a surnommé « **Valinor Hills** » l'endroit où l'hélicoptère a effectué son dernier vol, d'après le lieu fictif des romans fantastiques de J.R.R. Tolkien, dont la trilogie « Le Seigneur des Anneaux » est bien connue. Le long et remarquable voyage d'Ingenuity a commencé il y a trois ans sur le fond du cratère **Jezero** et se termine dans la **Neretva Vallis**, un canal qui amenait autrefois l'eau dans un ancien lac. Ingenuity est devenu le premier engin à réaliser un vol contrôlé et propulsé sur une autre planète, donnant à l'équipe scientifique l'accès à des paysages inaccessibles à n'importe quel rover martien déjà sur place. Perseverance a réussi à se déplacer à environ 450 mètres de l'hélicoptère, ce qui est probablement le point le plus proche de son compagnon de vol pour le reste de sa mission. Les images à longue distance d'Ingenuity sont acquises avec l'instrument Mastcam-Z.

Alors que la mission d'Ingenuity est arrivée à son terme, Perseverance s'approche de l'une des parties les plus excitantes de sa mission jusqu'à présent. Car Perseverance continue d'explorer l'unité de marge, une zone située au bord du cratère Jezero avec de fortes signatures de minéraux carbonatés détectées en orbite. L'équipe a tiré le meilleur parti de cette dernière étendue de terrain, en prenant des observations SuperCam LIBS et VISIR d'un rocher piqué nommé **Porkchop Geyser** et en capturant des images Mastcam-Z d'un affleurement de décombres appelé **Muiron Island**. Dans les images orbitales du bord du cratère, d'énormes blocs – appelés « **méga-breccia** » – proviendraient de l'impact qui a créé le cratère Jezero ou représentent des roches encore plus anciennes éjectées du massif bassin d'**Isidis** à l'est.

Même s'il est triste de laisser Ingenuity derrière, l'avenir est prometteur pour Perseverance et l'équipe scientifique est de bonne humeur.

Devant eux se trouve le mystérieux bord du cratère, qui pourrait offrir une fenêtre sur une période de l'histoire de Mars qu'aucun rover n'a jamais vue.

NASA Localisation de Perseverance Trajet de sol 1052 | Distance totale 24,85 km





## La première mission INTUITIVE Machines



Un fusée SpaceX Falcon 9 décolle du complexe de lancement 39A du Centre spatial Kennedy le 15 février 2024 pour la mission IM-1 d'atterrisseur lunaire d'INTUITIVE Machines. (Image : SpaceNews)

Objectif Lune une nouvelle fois, mais avec un autre atterrisseur américain construit par INTUITIVE Machines : NOVA-C. Une fusée Falcon 9 a décollé à 1 h 05 (heure locale de Floride) du pas de tir 39A, après un retard de 24 heures.

L'étage supérieur de la fusée a déployé l'atterrisseur Nova-C, appelé Odysseus (Ulysse), environ 48 minutes plus tard, après avoir placé le vaisseau spatial sur une trajectoire vers la Lune.



### Le deuxième étage de la fusée Falcon 9 qui a propulsé Ulysse dans l'espace dérive lentement au loin.

La fusée a fonctionné nominale lors de sa montée en orbite tôt le matin, et Ulysse s'est séparé du deuxième étage 48 minutes après son lancement. La Lune lointaine constituait une toile de fond symbolique pour le vaisseau spatial alors qu'il s'éloignait du deuxième étage de son lanceur pour commencer son voyage à travers l'espace cislunaire. Au cours des heures suivantes, Ulysse a photographié le deuxième étage de la Falcon 9 s'éloignant au loin ; cette image a été suivie d'une photographie à couper le souffle du disque complet de la Terre avec l'Australie clairement visible.

(Image : SpaceX-NASA / INTUITIVE Machines)

Un voyage relativement rapide car le vaisseau spatial arrivera sur la Lune le 21 février et se placera sur une orbite à environ 100 kilomètres au-dessus de la Lune. Cela préparera le vaisseau spatial pour une tentative d'atterrissage près du cratère Malapert A, dans la région polaire sud de la Lune, en fin d'après-midi (heure de l'Est - Floride) le 22 février, ce qui fait pas loin de minuit à Paris, pour nous.

Alors que le moment le plus marquant d'IM-1 sera sa tentative d'alunissage, Ulysse a déjà revendiqué une étape historique. Il s'agit du premier vaisseau spatial à utiliser un moteur-fusée propulsé par du méthane liquide et de l'oxygène liquide et



L'ensemble du disque illuminé de la Terre s'inscrit dans le champ de vision d'Ulysse sur cette image du premier jour de la mission IM-1. L'Australie occupe une place importante au centre. (Image : INTUITIVE Machines)

dans l'espace lointain, bien au-delà des 36 000 km de l'orbite des satellites géostationnaires. Ce n'est pas seulement une curiosité ; le stockage à long terme du liquide des propulseurs cryogéniques est une capacité indispensable pour le programme Artemis de la NASA. L'Agence spatiale américaine est le principal client d'INTUITIVE Machines, et va donc suivre avec intérêt l'insertion sur l'orbite lunaire et la tentative d'atterrissage qui s'ensuit.

Après sa séparation, la première tâche d'Ulysse fut de déterminer de manière autonome son attitude : son orientation dans l'espace. Il devait faire alors une pirouette pour pointer son panneau solaire vers le Soleil. C'est à ce moment-là que la mission a rencontré sa première anomalie. Avant le vol, tout suiveur d'étoiles est conditionné numériquement pour mesurer les valeurs de luminosité stellaire attendues et les exporter vers l'ordinateur du vaisseau spatial pour traitement. Cependant, les traqueurs d'étoiles d'Ulysse n'étaient pas aussi précis que prévu. Même si les erreurs étaient mineures (2 à 3 sur mille), elles ont néanmoins conduit le vaisseau spatial à rejeter les données de manière autonome.

En conséquence, Ulysse est entré dans une lente chute autour de son axe longitudinal, et il a été incapable de pointer son panneau solaire vers le Soleil ou de pointer son antenne à gain élevé vers la Terre. La puissance diminuant, l'équipe d'INTUITIVE Machines a pu rectifier la situation en mesurant quelle orientation fournissait une puissance maximale à l'atterrisseur. Ils ont ensuite ordonné à Ulysse de pointer dans cette direction, ce qui lui a permis de charger ses batteries pendant que l'équipe mettait à jour son logiciel pour accepter les données du "pisteur d'étoile".



Vues de plusieurs caractéristiques clés de l'atterrisseur IM-1 Ulysse, notamment le câblage, une jambe d'atterrissage et un réservoir d'hélium enveloppé dans l'isolation de Columbia Sportswear, sont capturées par une caméra d'ingénierie. (Image : INTUITIVE Machines)





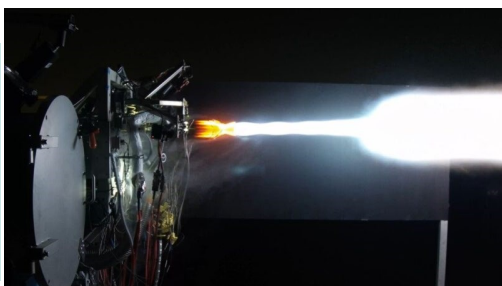
INTUITIVE Machines a construit son propre centre de contrôle Nova pour prendre en charge IM-1 et les missions ultérieures. Cette photographie a été prise lors d'une simulation avant vol. (Image : INTUITIVE Machines)

L'équipe d'INTUITIVE Machines comprend un grand nombre d'anciens ingénieurs de la NASA, et leur réponse aux premiers problèmes de suivi d'étoiles d'IM-1 a illustré leur ingéniosité et leur capacité à résoudre les anomalies en vol. En raison de ces premières difficultés, ils ont dû réorganiser leur plan de vol. La première manœuvre majeure d'Ulysse devait être la mise en service de son moteur principal VR-900. Ce moteur-fusée est alimenté par de l'oxygène liquide et du méthane liquide et a été largement testé sur Terre avant la mission. Cependant, au sol, il n'a jamais été mis à feu dans le vide, de sorte que la première utilisation du moteur en situation réelle a été un moment charnière pour INTUITIVE Machines. Avant le vol, le PDG Steve Altemus a déclaré : « *La mise à feu est une manœuvre critique, et si nous réussissons cette manœuvre, nous sommes en route vers la Lune. Je pense que notre niveau de confiance passe de 75 à 80 à environ 90 %, une fois cette manœuvre de mise en service effectuée* ».



Steve Altemus

Le moteur principal VR-900 Nova-C démontre sa puissance sur le banc d'essai mobile d'Intuitive Machines à Houston, au Texas. (Image : INTUITIVE Machines)



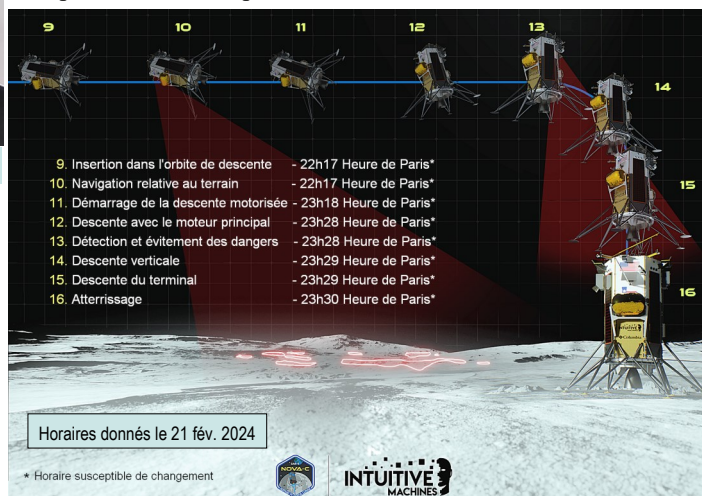
La mise en service a finalement eu lieu le 17 février. Ce fut un succès sans réserve. Au cours de la manœuvre, Ulysse est devenu le premier vaisseau spatial à allumer un moteur de fusée cryogénique dans l'espace lointain, ainsi que la première mission scientifique planétaire à utiliser des propulseurs à oxygène liquide et à méthane liquide. Le moteur a fonctionné à pleine puissance pendant un certain temps, puis a réduit les gaz pour simuler la phase finale de l'atterrissage. Cette capacité, connue sous le nom de « régulation profonde », est essentielle pour un atterrisseur lunaire, et c'est l'un des facteurs qui rendent difficile l'atterrissage sur la Lune. Après l'exercice, selon INTUITIVE Machines, Ulysse continuait d'être en excellente santé et dans une orientation stable.

INTUITIVE Machines s'est ensuite préparé pour la mise à feu d'insertion sur l'orbite lunaire, prévu pour le 21 février. Contrairement à la plupart des petits atterrisseurs robotiques lunaires, tels que Peregrine d'Astrobotic, et SLIM de l'Agence

japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA), Ulysse suit une trajectoire opportune jusqu'à sa destination. Il arrivera six jours après le lancement, alors que la plupart des missions passent des semaines, voire des mois, en croisière. La différence est due à la sélection de l'oxygène liquide et du méthane liquide comme propulseurs pour la famille d'atterrisseurs Nova d'INTUITIVE Machines. Ces carburants cryogéniques sont plus efficaces, et moins toxiques, que les propulseurs hypergoliques stockables. Cependant, en raison de leurs points d'ébullition respectifs de  $-183$  et  $-162$  °C, ils s'évaporent lentement dans l'espace. Le voyage doit donc être le plus rapide possible. Par conséquent, Nova-C devrait atterrir rapidement afin de minimiser la perte de propulseur.

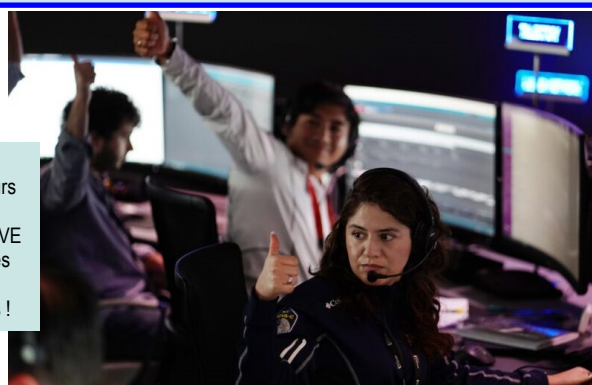
Avant la manœuvre d'insertion sur l'orbite lunaire (LOI Lunar Orbit Insertion), Ulysse effectuera jusqu'à trois brèves mises à feu de correction de trajectoire, pour affiner celle-ci. L'équipe de contrôle de vol d'INTUITIVE Machines dirigera l'atterrisseur vers un point situé à 100 kilomètres au-dessus de la surface lunaire. La combustion LOI sera le tir le plus long du VR-900 pendant la phase de croisière. La LOI réduira la vitesse d'Ulysse à 1 200 mètres par seconde, pour le placer sur une orbite lunaire basse et circulaire. Il doit effectuer douze orbites avant d'entamer sa descente motorisée d'une heure.

La tentative d'atterrissage est prévue dans l'après-midi du jeudi 22 février (16 h 30 heure centrale américaine). La manœuvre d'insertion sur l'orbite lunaire doit avoir lieu environ 24 heures avant l'atterrissage ; le timing précis de ces deux manœuvres n'a pas été révélé au public.

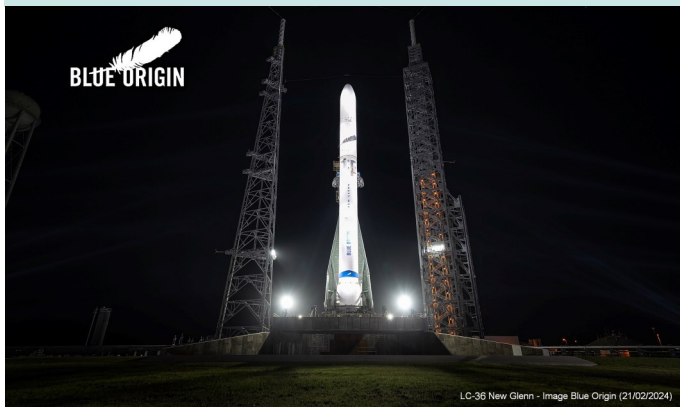


**Si ces étapes sont franchies avec succès, Ulysse deviendra le premier vaisseau spatial américain à atterrir sur la Lune, depuis la dernière mission de la NASA : Apollo 17, en décembre 1972.**

Et les contrôleurs au sol d'INTUITIVE Machines seront contents !



**En attendant Nova-C sur la Lune, Blue Origin fait sa pub...**



LC-36 New Glenn - Image Blue Origin (21/02/2024)

Notre véhicule New Glenn a été déployé avec succès aujourd'hui pour la première fois sur la plateforme du Launch Complex 36 (LC-36). Cette étape représente la première vue du véhicule lourd, de nouvelle technologie, qui soutiendra une multitude de missions clients, et de programmes Blue Origin, y compris le retour sur la Lune dans le cadre du programme Artemis de la NASA.

Tout sur le pas de tir est du matériel New Glenn réel. Ceci fait partie d'une série d'étapes majeures en matière de fabrication et de tests intégrés en vue du premier lancement de New Glenn dans le courant de cette année. La campagne de tests permet à nos équipes de pratiquer, de valider et d'accroître leurs compétences en matière d'intégration de véhicules, de transport, d'assistance au sol et d'opérations de lancement. Ces tests ne sollicitent pas les moteurs, qui sont mis à feu sur le banc d'essai historique 4670 à Huntsville et sur le site de lancement n°1 dans l'ouest du Texas.

Le voyage vers le pas de tir a commencé en décembre lorsque les modules du premier étage de New Glenn ont été transportés de notre usine jusqu'à l'installation d'intégration située à 8 km de là. Les tests se termineront dans les prochaines semaines après plusieurs démonstrations de remplissage de fluide cryogénique, de contrôle de pression et des systèmes de ventilation du véhicule. Notre rampe de lancement et nos systèmes au sol sont terminés et seront activés pour la première fois lors de la campagne de tests.

New Glenn doit son nom à John Glenn, le premier Américain à orbiter autour de la Terre. La fusée mesure plus de 98 m de haut, soit environ la hauteur d'un bâtiment de 30 étages, et comporte un carénage de charge utile de sept mètres, permettant deux fois le volume des systèmes de lancement commerciaux standard de 5 m. Le carénage est suffisamment grand pour contenir trois autobus scolaires. Son premier étage réutilisable vise un minimum de 25 missions et atterrira sur une plate-forme maritime située à environ 1 000 km en aval. La réutilisabilité fait partie intégrante de la réduction radicale du coût par lancement.

Le véhicule est propulsé par sept moteurs BE-4 de Blue Origin, le moteur à oxygène liquide (LOX)/gaz naturel liquéfié (GNL) le plus puissant développé depuis les moteurs F1 de Saturn V. Le GNL brûle plus proprement et il est plus performant que les carburants à base de kérosène.

Blue Origin a plusieurs véhicules New Glenn en production et un cahier de réservation client complet. Les clients incluent la NASA, le Projet Kuiper, Télésat et Eutelsat, entre autres. Blue Origin certifie New Glenn auprès de la Force spatiale américaine pour le programme National Security Space Launch (NSSL) afin de répondre aux nouveaux objectifs de sécurité nationale.



**Un unique finaliste pour acheter ULA**

**Blue Origin est devenu l'acheteur probable de United Launch Alliance (ULA)**

(Image : La première fusée Vulcan Centaur de ULA décolle de sa rampe de lancement en Floride le 8 janvier 2024)

Blue Origin, la société de fusées appartenant au fondateur d'Amazon, Jeff Bezos, est devenue l'unique finaliste pour acheter United Launch Alliance.

La vente n'est pas officielle et rien n'a été officiellement annoncé et les copropriétaires de United Launch Alliance (ULA) à savoir Lockheed Martin et Boeing, n'ont pas encore commenté publiquement la vente de l'entreprise qui, jusqu'à l'essor de SpaceX, était le seul grand fournisseur de lancement aux États-Unis...

"Conformément à nos pratiques d'entreprise, Boeing ne commente pas les rumeurs ou spéculations potentielles du marché", a déclaré un porte-parole de Boeing. Cependant, deux sources ont déclaré que Blue Origin était sur le point d'acheter ULA et qu'elles n'avaient personnellement vu aucun accord signé, mais qu'elles s'attendaient à ce que la vente soit annoncée d'ici un mois ou deux.

Certaines activités connexes récentes suggèrent que la vente est imminente. Une poignée de hauts fonctionnaires de ULA sont à la recherche de nouveaux emplois. De plus, Bezos a récemment vendu pour 2,4 milliards de dollars d'actions Amazon et, dans ses dossiers de titres, a révélé qu'il pourrait vendre entre 8 et 9 milliards de dollars supplémentaires d'actions au cours des 12 prochains mois. Bien qu'il n'y ait pas de valeurs confirmées, des spéculations ont eu lieu dans le secteur des lancements selon lesquelles ULA pourrait être vendu pour 2 à 3 milliards de dollars.

ULA a été créée en 2006 par la fusion du programme des fusées Delta de Boeing et de la famille des lanceurs Atlas de Lockheed Martin. Depuis lors, ULA est devenue une entreprise rentable pour les deux géants de

La future ULA faisait déjà les gros titres en 2005...





l'aérospatiale, grâce à des contrats de lancement militaire et (jusqu'à récemment) d'importantes subventions annuelles du ministère américain de la Défense pour maintenir la "préparation au lancement" des missions de sécurité nationale.

Cependant, au cours de la dernière décennie, la domination de ULA en matière de lancement a d'abord été remise en question, puis supplantée par la montée en puissance de SpaceX et de sa fusée Falcon 9, moins chère et très fiable. Tory Bruno, devenu Directeur général de ULA en 2014, a réduit ses effectifs et pris d'autres mesures pour contrôler les coûts, comme la fermeture des rampes de lancement rarement utilisées.

L'une des questions clés concernant l'acquisition est de savoir ce qu'il adviendra du DG Bruno, qui a démontré sa capacité à diriger une société de lancement avec d'excellents résultats, à gérer le développement d'un nouveau lanceur de grande taille - la fusée Vulcan - et qui est maintenant prêt à rivaliser avec SpaceX. On ne sait pas quel rôle il jouerait dans une acquisition par Blue Origin. Des sources indiquent que Bruno entretient de bonnes relations avec Bezos...

#### La fusion fonctionnera-t-elle ?

Il existe un "chevauchement" considérable dans les activités de lancement d'ULA et de Blue Origin. Vulcan, et la grande fusée New Glenn de Blue Origin, seront toutes deux en compétition pour les contrats de lancement gouvernementaux et utiliseront toutes deux les moteurs de fusée BE-4 développés par Blue Origin. Cependant, certaines synergies pourraient faire d'un Blue Origin-ULA combiné un concurrent de lancement plus redoutable pour SpaceX. Ce qui n'empêche pas de penser, comme le soulignait Florida Today en 2005 :

« Consolidation of launches means job cuts »

Ou autrement dit : ce sont les salariés qui trinquent ! Et ce n'est pas du champagne qu'ils boivent, mais des emplois perdus.

ULA dispose de rampes de lancement opérationnelles à la station spatiale de Cap Canaveral en Floride et à la base spatiale de Vandenberg en Californie. Elle dispose de grandes installations d'intégration sur les deux sites. De plus, elle dispose d'une équipe de lancement expérimentée, avec une longue expérience de succès, ce qui pourrait être utile à Blue Origin, alors qu'elle cherche à lancer la fusée New Glenn dans le courant de cette année.

#### Dave Limp

Le nouveau PDG de Blue Origin parle d'affiner les pratiques commerciales de l'entreprise.



Le nouveau PDG de Blue Origin, qui parle d'affiner les pratiques commerciales de l'entreprise a passé plus de 13 ans à superviser la "flotte" des appareils électroniques grand public d'Amazon. Dave Limp est devenu PDG de Blue Origin en décembre 2023, et se met maintenant au courant des moteurs au méthane à cycle fermé riche en oxygène, et de l'évaporation cryogénique en orbite. La mission de Limp est de perfectionner les pratiques commerciales de la société spatiale de Jeff Bezos, qui compte plus de 10 000 membres.

**Le premier principe de Dave pour son prochain emploi était qu'il ne s'agissait pas d'électronique grand public, et que sa ligne directrice était de pouvoir s'asseoir dans une salle avec 100 personnes, leur dire ce qu'il faisait et, sans aucun débat, que 99 seraient qu'il faisait quelque chose de bien pour la planète.**

Lorsque Jeff Bezos l'a appelé et lui a demandé s'il serait intéressé à lui parler de la possibilité de devenir PDG de Blue Origin, sa première réaction a été : « Eh bien, je ne suis pas un spécialiste des fusées. Cela ne semble pas être le bon travail pour moi ... Mais Jeff a un très bon instinct quant à ce dont une organisation pourrait avoir besoin à un moment donné, et il m'a convaincu que Blue n'avait vraiment pas besoin d'un autre spécialiste des fusées. Ce dont Blue avait besoin, c'était d'un certain leadership en matière de fabrication et de construction de choses à un rythme élevé et, également, d'essayer de comprendre comment s'imprégner d'un sentiment d'énergie et d'urgence dans la culture. Tout cela a résonné [dans ma tête] ».

Dave considère Blue comme une entreprise à partir de laquelle il va bâtir une **grande** entreprise. Dans cinq ans, le monde aura besoin de beaucoup plus de capacité de lancement que ce qui était prévu. Lors de chaque lancement coûte entre 60 et 100 millions de dollars, vous disposez d'un seul ensemble de clients. Si vous parvenez à baisser le prix d'un ordre de grandeur, vous ouvrez [le marché] à un ensemble de clients bien plus important.

Blue Origin est un fabricant de moteurs pour United Launch Alliance et a un très gros contrat avec la NASA. Amazon, l'ex-employeur de Dave, a acheté un tas de missions pour le projet Kuiper, et il y a d'autres clients et aussi des missions gouvernementales. Des astronautes font la queue pour monter dans le suborbital.

Blue Origin a des promesses à tenir, et pour Dave Limp, il suffit de les exécuter pour assurer à Blue Origin que les clients sont satisfaits.

« Construire quelque chose est difficile, mais pas si difficile.... Mais construire la machine qui fabrique la machine au rythme souhaité, c'est très difficile ». Dave pense apporter une certaine expertise dans cet aspect à Blue, et augmenter considérablement, dans tous les domaines, sa capacité à construire des choses en volume.

Mais il ne s'agit pas d'une course sportive où il n'y a qu'un seul vainqueur. Il reste encore beaucoup de travail à faire pour que les coûts continuent de baisser.

Après avoir passé plus de 60 jours dans son nouveau job, Dave pense que Blue peut aller plus vite... et ce n'est pas parce que les gens faisaient quelque chose de mal, c'est simplement qu'on peut faire les choses différemment.

Dave : « Parfois, pour de bonnes raisons, des personnes bien intentionnées – y compris les employés de Blue – souhaitent effectuer de nombreuses analyses ou s'assurer qu'elles réduisent asymptotiquement les profils de risque vers zéro. Je pense que vous pouvez prendre un peu plus de risques tout en restant en sécurité, en restant fiable et en progressant plus rapidement. Je ne pense pas que Blue manque de QI. Il suffit d'accélérer le rythme de prise de décision et notre capacité à répondre aux attentes des clients ... Je crois absolument à la nécessité de fixer des objectifs réalisables, mais ambitieux ... Il faut veiller à ce que nous soyons tenus responsables de ces objectifs à mesure que nous avançons ».

#### Objectif de Blue Origin

**Nous allons faire voler New Glenn cette année.**

**C'est un objectif très important, et si nous devons prendre un peu plus de risques, qu'il en soit ainsi.**

**Nous allons apprendre beaucoup de n'importe quel profil d'un vol de New Glenn.**

**Nous avons toutes les pièces détachées prêtes à l'emploi.**

**Il nous suffit de les assembler de toute urgence et d'accoupler les moteurs.**

**Ensuite, nous le piloterons et verrons comment ça se passe.**

## Pourquoi est-il si difficile d'atterrir sur la Lune, cinq décennies après Apollo ?



Dans l'ensemble, plus de la moitié de toutes les tentatives d'atterrissage sur la Lune se sont soldées par un échec : une probabilité encore faible pour un exploit que l'humanité a réalisé pour la première fois, il y a près de 60 ans.

Le Luna 9 de l'Union soviétique est devenu le premier vaisseau spatial à effectuer un atterrissage contrôlé, dit « en douceur », en février 1966. Les États-Unis ont suivi peu de temps après, lorsque leur vaisseau spatial robotisé Surveyor 1 a atterri sur la surface de la Lune quatre mois plus tard.

Depuis, seuls trois autres pays – la Chine, l'Inde et le Japon – ont franchi une telle étape. Tous trois ont atteint la Lune avec des véhicules robotisés pour la première fois au 21<sup>ème</sup> siècle seulement. L'Inde et le Japon ont chacun réussi cet exploit monumental au cours des six derniers mois, bien après la fin de la course à l'espace entre les États-Unis et l'Union soviétique. Les États-Unis restent le seul pays à avoir envoyé des humains sur la surface lunaire, la dernière fois en 1972 avec la mission Apollo 17.

Mais depuis lors, le gouvernement américain n'avait même pas tenté un atterrissage en douceur – avec ou sans astronautes à bord. Et la société spatiale privée Astrobotic Technology avait espéré que son atterrisseur lunaire Peregrine entrerait dans l'histoire après son récent lancement en janvier, mais la société a renoncé à la tentative d'atterrissage quelques heures seulement après le décollage en raison d'une fuite de carburant critique et a ramené le vaisseau spatial pour qu'il brûle dans l'atmosphère terrestre. Nous attendions avec impatience le résultat de la mission IM-1 de chez INTUITIVE Machines : une réussite enfin le 22 février 2024, mais une « réussite à la japonaise » car l'atterrisseur NOVA-C est aussi tombé sur le flanc... (voir le détail dans l'article suivant).

« Récupérer les connaissances et l'expérience du passé constitue une grande partie du défi pour les États-Unis », a déclaré Scott Pace, Directeur du Space Policy Institute de l'Université George Washington. « Nous apprenons à faire des choses que nous n'avons pas faites depuis longtemps, et ce que vous voyez, ce sont des organisations qui réapprennent à voler ... Aller sur la Lune n'est pas seulement l'affaire d'un astronaute courageux ou brillant. Il s'agit d'organisations entières organisées, formées et équipées pour y aller. Ce que nous faisons maintenant, c'est essentiellement reconstruire une partie de l'expertise que nous avions pendant l'ère Apollo, mais que nous avons perdue au cours des 50 dernières années ».



Scott Pace

Toutefois, le savoir-faire technique ne représente qu'une partie de l'équation lorsqu'il s'agit d'alunir.

La plupart des obstacles sont, à vrai dire, financiers...

Au plus fort du programme Apollo, le budget de la NASA représentait plus de 4 % de toutes les dépenses gouvernementales. Aujourd'hui, le budget de l'agence spatiale est dix fois plus petit, ne représentant que 0,4 % de toutes les dépenses fédérales, alors même qu'elle tente de ramener des astronautes américains sur la Lune dans le cadre du programme Artemis.

Dans les années 1960, il y avait littéralement des centaines de milliers de personnes travaillant sur le programme Apollo. Il s'agissait d'un programme de 100 milliards de dollars... de l'époque.

(NB : 1\$ de 1960 = 10,42 \$ d'aujourd'hui).

Les atterrisseurs lunaires du 21<sup>ème</sup> siècle tentent d'atteindre bon nombre des mêmes objectifs pour une petite fraction du prix.

L'atterrisseur indien Chandrayaan-3, qui est devenu le premier vaisseau spatial du pays à atteindre en toute sécurité la surface lunaire en août 2023, a coûté environ 72 millions de dollars, selon Jitendra Singh, ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie. « Le coût de Chandrayaan-3 n'est que de 600 millions de roupies, alors qu'un film hollywoodien sur l'espace et la Lune coûte plus de 600 millions de roupies », a déclaré Singh à The Economic Times, un journal indien, en août.

(NB : 60 crores ou 600 millions de roupies = 72 millions de \$)



Une fusée de l'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO) transportant l'atterrisseur lunaire Chandrayaan-3 décolle du Centre spatial Satish Dhawan à Sriharikota, au large des côtes de l'État d'Andhra Pradesh, le 14 juillet 2023.

(Image : R. Satish Baby/AFP/Getty Images)

Aux États-Unis, la NASA tente de réduire considérablement les prix en sous-traitant la conception de petits engins spatiaux robotisés au secteur privé par le biais de son programme Commercial Lunar Payload Services, ou CLPS.

### Pourquoi ne pouvons-nous pas simplement répéter Apollo ?

Il est irréaliste de s'attendre à ce que la NASA ou l'un de ses partenaires puisse simplement extraire les plans d'un atterrisseur lunaire des années 1960 et le recréer à partir de zéro. La plupart des technologies utilisées dans ces missions ont depuis longtemps été abandonnées, mises de côté par les progrès massifs réalisés en matière de puissance de calcul et de sciences des matériaux au cours du dernier demi-siècle.

Chaque élément matériel d'un atterrisseur lunaire doit provenir de chaînes d'approvisionnement modernes – qui sont bien différentes de celles du 20<sup>ème</sup> siècle – ou être conçu et fabriqué à nouveau. Et chaque capteur et composant électronique du vaisseau spatial doit être créé pour résister à l'environnement hostile de l'espace, un processus que l'industrie appelle « durcissement ».

Les missions Apollo étaient notoirement contrôlées par des ordinateurs moins puissants que les smartphones modernes. Mais les vols spatiaux sont beaucoup trop complexes et dangereux pour traduire directement les progrès informatiques en missions lunaires plus faciles et moins coûteuses, car elles sont encore bien trop rares pour engendrer des baisses de coûts.

Et même si la technologie a progressé au cours des cinq dernières décennies, les défis fondamentaux liés à l'alunissage restent les mêmes. Tout d'abord, il y a la distance : il s'agit d'un voyage



d'environ 402 000 kilomètres entre la Terre et la Lune (conduire une voiture jusqu'à la Lune à vitesse constante et voisine de 100 km/h, prendrait plus de cinq mois... sans les arrêts "indispensables").

Et certaines personnes qui aiment jouer au golf ont comparé cela à frapper une balle à New York pour la faire entrer dans un trou particulier du green situé à Los Angeles. « *Ce genre de précision sur longue distance est incroyablement difficile à réaliser* », a déclaré Pace.

De plus, il y a le terrain lunaire délicat. La Lune est couverte de volcans morts et de cratères d'impact profonds, ce qui rend difficile la recherche de zones d'atterrissage planes.



Les contrôleurs de vol se rassemblent autour du Directeur de vol de la NASA, Glynn Lunney (assis, au premier plan) dans la salle de contrôle, de ce qui est aujourd'hui appelé le Johnson Space Center à Houston, lors de la mission d'alunissage avortée d'Apollo 13, le 15 avril 1970. (Image : archives NASA)



**Greg Autry**

Directeur du leadership spatial à la Thunderbird School of Global Management de l'Arizona State University

« *Apollo 11 se serait écrasé et aurait été détruit s'il avait atterri à l'endroit où il devait initialement atterrir* », a déclaré Autry. « *Neil [Armstrong] regardait littéralement par la fenêtre. Il a manœuvré l'atterrisseur au-dessus d'un champ de rochers et d'un grand cratère et a trouvé un endroit sûr pour atterrir avec tout juste assez de carburant. S'il n'y avait pas eu un pilote expérimenté capable de contrôler l'atterrisseur, il aurait certainement été endommagé* ».

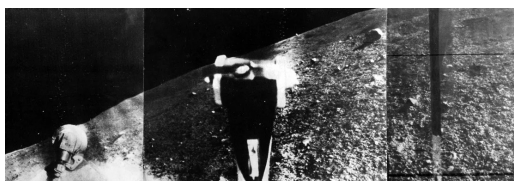
À l'intérieur du vaisseau spatial, les atterrisseurs robotiques modernes ne peuvent utiliser que des caméras, des ordinateurs et des capteurs équipés de logiciels, aujourd'hui épaulés par l'intelligence artificielle, pour trouver en toute sécurité leur point d'atterrissage – et éviter les rochers et les cratères – lors de la descente finale.

« *Il faut du temps pour qu'un signal monte et revienne, environ trois secondes au total pour un aller-retour avec la Lune* », a déclaré Pace. « *Beaucoup de choses peuvent mal tourner à ce moment-là. Ainsi, lorsque le véhicule atterrit, il doit se débrouiller tout seul* ».

### L'échec est une option

Au début de la course à l'espace du XX<sup>ème</sup> siècle, le nombre d'engins spatiaux tombés en panne était bien plus important que ceux qui se posaient en toute sécurité sur la Lune. Les entreprises et les gouvernements qui se précipitent aujourd'hui vers la Lune – en visant des prix moins élevés, tout en mettant en œuvre une technologie moderne – reconnaissent cet héritage.

Les partenaires commerciaux de la NASA pourraient être encore plus disposés à prendre des risques lorsqu'ils prennent leurs photos lunaires. Les entreprises commerciales ont apporté avec elles ce « modèle itératif rapide, à échec potentiel ». Sortez le produit, laissez-le exploser, découvrez ce que vous avez fait de mal, réparez-le et recommencez ! Mais, dit Autry : « *Ce n'est pas ainsi que fonctionne le Gouvernement américain. Parce que si votre projet meurt, votre carrière gouvernementale est foutue !* ».



Le premier vaisseau spatial sans équipage, Luna 9 de l'Union soviétique, a réussi à effectuer un atterrissage en douceur sur la Lune.

(Mosaïque d'images de la surface de la lune, prise par la sonde le 7 février 1966)

De son côté, même la NASA reconnaît qu'un taux de réussite de 100 % n'est pas garanti pour ses partenaires.

« *Nous avons toujours considéré ces livraisons initiales du CLPS comme une sorte d'expérience d'apprentissage* », a déclaré Joel Kearns, Administrateur associé adjoint de la Direction de l'exploration et des missions scientifiques de la NASA, lors d'un briefing le 13 février dernier. « *Nous savions qu'au début... nous ne pensions pas que le succès était assuré* ».

L'espoir est cependant que les échecs précoces mèneront à des succès reproductibles plus tard. Il est déjà clair que de nombreux participants à la course lunaire moderne sont prêts à rebondir après leurs échecs initiaux, comme :

- **Ispace** – la société japonaise qui a rencontré un problème logiciel en fin de mission l'année dernière,
- **Astrobotic** – qui a perdu son atterrisseur Peregrine à cause d'un problème de propulseur.

Et elles ont déjà une deuxième tentative en préparation.

« *Tous ceux qui participaient à ces missions étaient des débutants. Ce sont des gens qui le font pour la première fois et rien ne remplace cette expérience. C'est comme prendre votre premier vol en solo* », a déclaré Pace. « *Oui, ils échouent et certaines entreprises feront faillite. Mais s'ils apprennent de cet échec et reviennent, vous aurez désormais une équipe solide. Il s'agit vraiment d'éduquer une nouvelle génération* ».



**La mission lunaire historique d'INTUITIVE Machines a marqué une étape importante dans l'atteinte de la surface lunaire par les U.S.**

« *Je savais que c'était difficile, mais nous sommes à la surface et nous transmettons* », a annoncé Steve Altemus, PDG d'INTUITIVE Machines, lors d'une webdiffusion en direct. « **Bienvenue sur la Lune** ».

La société a pu confirmer que le contrôle de mission avait reçu des signaux de la surface lunaire peu après l'atterrissage. Mais ce n'est que deux heures plus tard qu'INTUITIVE Machines a déclaré que le vaisseau spatial était « *debout et commençait à envoyer des données* », selon une mise à jour de la société sur X, (anciennement connue sous le nom de Twitter).

Dans une autre mise à jour vendredi matin, Intuitive Machines a révélé que le vaisseau spatial était « *vivant et en bonne santé* » et que les contrôleurs de mission cherchaient à télécharger des données scientifiques du véhicule.

« *Nous continuons à en apprendre davantage sur les informations spécifiques du véhicule (Lat/Lon), son état de santé général et son attitude (orientation)* », a indiqué la société dans sa mise à jour, ajoutant que davantage d'informations étaient attendues lors d'une conférence de presse le vendredi après-midi.

La position du vaisseau spatial est une question clé depuis son atterrissage jeudi soir, car les problèmes de communication sont devenus une préoccupation immédiate, et les contrôleurs de vol ont indiqué qu'ils



recevaient des signaux faibles du véhicule. Et bien qu'INTUITIVE Machines ait déclaré travailler également au traitement des images des caméras d'Ulysse, la société n'avait encore partagé aucune image de l'atterrissage.

Cependant, le vaisseau spatial a déjà réalisé un exploit historique, devenant le premier vaisseau spatial commercial à atterrir en douceur sur la Lune et le premier véhicule « made in USA » à se poser sur la surface lunaire depuis la fin du programme Apollo.



Salle de contrôle d'INTUITIVE Machines

Les contrôleurs reçoivent confirmation du Directeur de vol que Nova-C s'est posé sur la Lune.



Applaudissements des employés et proches, d'INTUITIVE Machines

Selon INTUITIVE Machines, Ulysse a atterri à 18h23, heure de la côte Est, jeudi (ce qui fait du minuit passé, vendredi matin chez nous), après avoir utilisé son moteur embarqué alimenté au méthane pour se diriger vers la surface du cratère, en réduisant rapidement sa vitesse de 1 800 mètres par seconde.



**Bill Nelson** (Administrateur de la NASA) : « Aujourd'hui, pour la première fois depuis plus d'un demi-siècle, les États-Unis sont retournés sur la Lune... Aujourd'hui est un jour qui montre la puissance et la promesse des partenariats commerciaux de la NASA. Félicitations à tous ceux qui ont participé à cette quête formidable et audacieuse ».

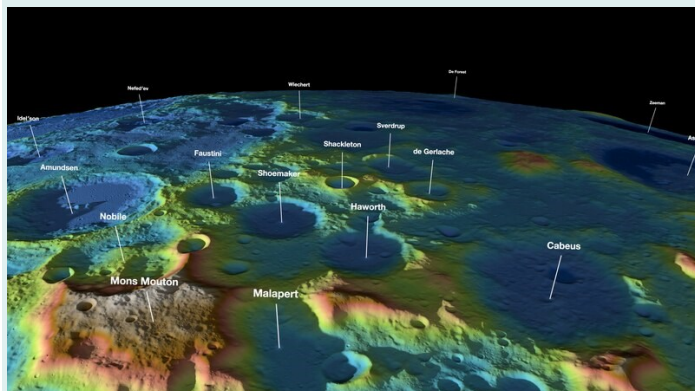
INTUITIVE Machines a révélé quelques heures avant l'atterrissage qu'un problème apparent avec les systèmes de navigation d'Ulysse avait forcé l'atterrisseur à s'appuyer sur une technologie expérimentale de la NASA.

INTUITIVE Machines a pris la décision de réaffecter les principaux capteurs de navigation d'Ulysse pour utiliser les capteurs du Lidar Doppler de navigation (ou ND) de la NASA. La charge utile Lidar est une technologie expérimentale que la NASA a payé pour tester le vol lors de la mission et qui n'était pas destinée à avoir un objectif fonctionnel. Mais les ingénieurs ont pu rapidement intégrer une mise à jour pour contourner le propre équipement défectueux d'Ulysse et utiliser le lidar expérimental de la NASA. Le ND est conçu pour projeter des faisceaux laser vers le sol afin de donner des mesures exactes de la vitesse et de la direction du vol.

INTUITIVE Machines avait constaté que l'orbite de l'atterrisseur était

elliptique et avait retardé l'atterrissage le temps d'une orbite pour circulariser celle-ci, ce qui a laissé, de manière opportune, le temps aux ingénieurs pour mettre à jour le logiciel de navigation.

INTUITIVE Machines visait à faire atterrir Ulysse près de Malapert A, un cratère d'impact proche du pôle sud de la Lune – une zone caractérisée par un terrain dangereux et rocheux.



Le pôle Sud lunaire en couleurs codées - Le cratère Malapert au 1er plan

Malapert A est une région relativement plate par rapport à son environnement, selon la NASA. L'emplacement est stratégique : le pôle Sud présente un grand intérêt international car on soupçonne qu'il abrite des réserves de glace d'eau, qui pourraient être converties en eau potable ou même en carburant pour fusées pour de futures missions.

#### L'atterrisseur a basculé

Des nouvelles plus récentes d'Intuitive Machines, annoncées par son PDG Steve Altemus, qui utilisait un modèle de l'atterrisseur Nova-C de la société, indiquent que l'atterrisseur lunaire Nova-C s'est probablement renversé lors de son atterrissage sur la lune le 22 février et repose maintenant sur le côté, à quelques kilomètres de son point d'arrivée initialement prévu près du cratère Malapert A, dans les régions polaires sud de la Lune. *A priori*, cela était dû au fait que l'atterrisseur descendait plus vite que prévu. La descente finale de l'atterrisseur était censée se dérouler directement vers le bas à environ un mètre par seconde, mais il descendait à environ trois fois cette vitesse, avec environ un mètre par seconde de mouvement latéral.

Descente de Nova-C (Image d'artiste)



D'après Altemus, l'atterrisseur semble reposer sur un rocher, l'élevant légèrement au-dessus de la surface (d'après la puissance qu'il génère) et un pied pouvait aussi être dans une crevasse. L'information que "l'atterrisseur était debout" donnée les heures précédentes relevait d'une télémétrie obsolète.

L'atterrisseur n'a pas encore renvoyé d'images alors que les contrôleurs travaillent à reconfigurer les émetteurs radio du vaisseau spatial. Tim Crain, directeur de la technologie d'Intuitive Machines, a déclaré qu'ils étaient encore en train de déterminer les débits de données qu'ils pouvaient obtenir avec l'atterrisseur posé sur le côté, avec certaines antennes devenues inutilisables. « Nous prévoyons de supprimer la plupart des données de mission une fois que nous aurons stabilisé notre configuration », a-t-il déclaré.

Heureusement, la seule charge utile montée sur le côté de l'atterrisseur faisant désormais face à la surface est une charge utile statique : une œuvre d'art fournie par l'artiste Jeff Koons (Image à droite).

D'autres charges utiles commerciales et de la NASA sont en service, et nombre d'entre elles ont collecté des données lors du vol vers la Lune et lors de la descente vers la surface.

Altemus a ajouté qu'il était « *fortuit* » que Nova-C se trouve sur une orbite elliptique, ce qui a incité les ingénieurs à activer le télémètre laser plus tôt que prévu et ils ont ainsi découvert le problème de navigation suffisamment tôt pour utiliser le ND de la NASA.



Jeff Koons



La plus grande capsule jamais construite pour les voyages habités dans l'espace



**Pas encore tenté par la Lune, mais vous désirez faire un tour dans l'espace... près de notre bonne vieille planète bleue, la Terre, alors il vous reste la solution du vol suborbital dont le ticket d'entrée est sans doute plus abordable pour l'intégrité de vos finances.**

Et c'est l'occasion de parler d'un nouvel entrant qui a bien travaillé sur le sujet : **Space Perspective** est une entreprise basée aux États-Unis, qui est sur le point de révolutionner la façon dont les humains vivent l'espace.

La société a récemment publié des images de sa capsule Spaceship Neptune, Excelsior. Présentée comme la plus grande capsule de vol spatial jamais réalisée, Excelsior est sur le point de redéfinir la catégorie des voyages spatiaux.

Taber MacCallum, qui est le Directeur technique de Space Perspective, la première entreprise au monde d'expériences de vols spatiaux neutre en carbone a déclaré : « La capsule spatiale ne ressemble à rien de ce que le monde a jamais vu ».

La capsule propose plusieurs commodités, dont un Space Lounge avec WiFi, et des toilettes. Avec un diamètre de 4,9 mètres et une capacité pressurisée de plus de 60 m<sup>3</sup>, cette capsule sphérique établit de nouvelles normes en matière de voyage spatial. Ce volume est presque le double de la taille du Spaceship Two de Virgin Galactic et du New Shepard de Blue Origin, et environ quatre fois celui de Crew Dragon de SpaceX (mais c'est une capsule de classe orbitale).

Cette capsule spacieuse est conçue pour accueillir confortablement huit voyageurs ainsi qu'un capitaine. Ceux-ci embarqueront pour un voyage de six heures, profitant de sièges moelleux et d'équipements haut de gamme à l'intérieur. La capsule pressurisée transportant des passagers s'élèvera à l'aide d'un *SpaceBalloon* à des vitesses d'environ 19 km/h.

« Sans fusées, ni accélération gênante, c'est le moyen le plus accessible de voyager dans l'espace, et c'est aussi simple que d'être à bord d'un avion », indique le communiqué de presse.

Space Perspective prévoit de commencer les voyages spatiaux d'ici 2025. Environ 1 750 billets ont déjà été vendus, chaque siège étant vendu au prix de 125 000 \$. D'ici la fin de l'année, la société espère avoir vendu 4 000 sièges, ce qui représente 400 millions de dollars de réservations.



**Conformément à l'annonce récente, la société a terminé le développement de son premier SpaceBalloon, tandis que son vaisseau de lancement, Marine Spaceport Voyager, est dans sa dernière étape de préparation. Bon voyage !**

SpaceX veut augmenter la cadence des lancements de sa fusée starship

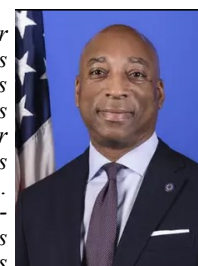


Alors que SpaceX s'approche de son 3<sup>ème</sup> lancement de Starship, et premier en 2024 – peut-être dans les trois semaines – depuis son installation Starbase dans le sud du Texas, la société fait pression sur les régulateurs pour qu'ils augmentent la cadence de ses vols.

En effet, lors d'un point de presse récent, l'administrateur du transport spatial commercial à la Federal Aviation Administration, Kelvin Coleman, a déclaré que l'agence travaillait avec la société pour tenter de faciliter le processus d'autorisation des lancements de Starship.



Kelvin Coleman : « Ils envisagent un calendrier de lancement assez agressif cette année... Ils envisagent, je crois, au moins neuf lancements... Cela fait beaucoup de lancements. Si vous apportez des modifications et les faites une par une, cela représente beaucoup de travail. Nous avons constamment discuté avec SpaceX... Nous nous réunissons et essayons de comprendre comment y parvenir. Nous sommes investis dans l'entreprise, et nous travaillerons donc avec eux ».



Kelvin Coleman

Après que SpaceX ait décidé de lancer et de tenter de faire atterrir son véhicule Starship au Texas, il y a environ cinq ans, la société a dû se soumettre à une évaluation environnementale approfondie du site. Dans le cadre de ce processus, la FAA a réalisé une évaluation environnementale programmatique finale en juin 2022. À la suite de cet examen, SpaceX a reçu l'autorisation d'effectuer jusqu'à cinq lancements de Starship depuis le sud du Texas par an. Un responsable de la FAA a confirmé que la société cherchait à modifier cette limite de cinq lancements pour s'adapter à un taux plus élevé.

Lors de son témoignage au Congrès en octobre dernier, Bill Gerstenmaier, vice-président de SpaceX chargé de la construction et de la fiabilité des vols, a déclaré qu'il souhaitait voir la Chambre et le Sénat américains fournir davantage de ressources à la FAA pour ses processus d'examen des licences. Le nombre de lancements américains est passé de quelques dizaines par an à plus de 100, et de nombreuses nouvelles entreprises cherchent à obtenir l'approbation réglementaire pour leurs activités de vols spatiaux. L'agence prévoit d'autoriser plus de 150 lancements et rentrées cette année. Sa tâche principale est de protéger les personnes et les biens au sol contre les dangers des vols spatiaux.

« Eh bien, je pense que Gerst avait raison », a déclaré Coleman, « Et j'ai apprécié ce qu'il avait à dire en faveur de davantage de ressources ». Il a déclaré par ailleurs, que lorsqu'il a rejoint la branche Commercial Space Transportation de la FAA en 1996, l'organisation comptait 40 employés. Il y a dix ans, ils étaient 73. Aujourd'hui, ils sont 143, et l'organisation cherche à atteindre 157 employés en Floride, en Californie, au Texas et à Washington, DC.

Conclusion de l'histoire : la FAA a besoin de personnel supplémentaire, mais voilà une affaire qui ne va pas se résoudre sans un budget adéquat, et l'époque n'y semble pas trop favorable...

## SpaceX révèle la cause des anomalies de Starship, et évacue un obstacle de la FAA.

**Un peu plus de trois mois après le dernier lancement d'une fusée géante Starship, qui s'est soldé par la perte en vol du propulseur Super Heavy et de l'étage supérieur Starship, la Federal Aviation Administration a clôturé son enquête sur l'accident.**

« SpaceX a identifié, et la FAA accepte les causes profondes et les 17 actions correctives documentées dans le rapport d'accident de SpaceX », a déclaré l'agence fédérale dans un communiqué publié lundi 26 février. « Avant le prochain lancement, SpaceX doit mettre en œuvre toutes les actions correctives et recevoir une modification de licence de la FAA qui répond à toutes les exigences réglementaires en matière de sécurité, d'environnement et autres ».

SpaceX doit encore soumettre des informations supplémentaires à la FAA, qui est responsable de la sécurité des personnes et des biens au sol, avant que l'agence n'achève son examen d'une demande de lancement de Starship pour la troisième fois. L'administrateur du transport spatial commercial à la Federal Aviation Administration, Kelvin Coleman, a déclaré la semaine dernière que début ou mi-mars était un délai raisonnable pour la conclusion du processus réglementaire.

Donc, une tentative de lancement devrait suivre probablement peu de temps après...

### Qu'est ce qui ne s'est pas bien passé ?

Parallèlement à l'annonce de lundi, SpaceX a publié pour la première fois des détails sur ce qui a fait échouer le lancement du 18 novembre.

Dans cette mise à jour, SpaceX a noté que le premier étage Super Heavy de la fusée fonctionnait de manière nominale : les 33 moteurs Raptor de cette fusée massive se sont allumés avec succès. Le booster Super Heavy a ensuite effectué une combustion complète pour atteindre la séparation des étages. À ce stade, l'étage supérieur Starship a exécuté avec succès une manœuvre de "séparation à chaud" dans laquelle l'étage supérieur Starship s'est séparé du premier étage, alors que des moteurs de ce booster tournaient encore.

Pour le booster Super Heavy, l'étape suivante consistait à effectuer une série de mises à feu pour effectuer un "atterrissage en douceur" dans le golfe du Mexique. Et pour la première de ces mises à feu, 13 des moteurs de la fusée devaient démarrer.

Au cours de ce processus, plusieurs moteurs ont commencé à s'arrêter, avant qu'un moteur ne tombe en panne en explosant, ce qui a rapidement entraîné un "démontage rapide et imprévu" du booster, le RUD que SpaceX avait déclaré : « la rupture du véhicule s'est produite après plus de trois minutes et demie de vol, à une altitude d'environ 90 km au-dessus du golfe du Mexique ».

Le problème de Super Heavy a ensuite été lié à un problème d'alimentation en oxygène liquide des moteurs Raptor.

« La cause la plus probable du RUD du booster a été déterminée comme étant une obturation du filtre à l'endroit où l'oxygène liquide est fourni aux moteurs, entraînant une perte de pression d'entrée de l'oxydant dans les turbopompes du moteur, ce qui a finalement engendré la panne d'un moteur d'une manière qui a entraîné la perte du véhicule », a déclaré l'entreprise. SpaceX a depuis mis en œuvre des modifications matérielles dans les futurs réservoirs d'oxydant d'appoint pour améliorer les capacités de filtration du propulseur et affiner les opérations pour augmenter la fiabilité.

### Événements du vaisseau spatial Starship

Alors que Super Heavy rencontrait ces problèmes, les six moteurs Raptor de l'étage supérieur Starship brûlaient nominale et poussaient le véhicule le long d'une trajectoire de vol destinée à parcourir près des deux tiers du tour de la Terre, avant de s'écraser près d'Hawaï. Cependant, environ sept minutes après le décollage, un important dégagement d'oxygène liquide s'est produit. « Il y avait un excès d'oxygène liquide sur le véhicule », a déclaré SpaceX, qui a recueilli des données représentatives des futures missions de déploiement de charge utile ; cet excédent devait être évacué avant que Starship retombe en mer.

« Une fuite dans la section arrière du vaisseau spatial qui s'est développée lorsque l'événement d'oxygène liquide a été ouvert a entraîné un événement de combustion et des départs de feu ultérieurs, qui ont entraîné une perte de communication entre les ordinateurs de vol du vaisseau spatial » a indiqué SpaceX. « Cela a entraîné un arrêt commandé des six moteurs avant la fin de la montée en puissance ; le système autonome de sécurité des vols qui a détecté une violation des règles de la mission a activé le système d'arrêt de vol, conduisant à la rupture du véhicule ».

À l'époque, le véhicule avait atteint une altitude de 150 km, bien dans l'espace, et avait atteint une vitesse d'environ 24 000 km/h. C'est juste en dessous de la vitesse orbitale nécessaire, qui est de 28 000 km/h.



Départ de Starship lors du vol test n°2 le 18 novembre 2023 (Image : SpaceX)

Dans sa déclaration, SpaceX a indiqué qu'il mettait en œuvre des modifications aux étages Super Heavy et Starship pour tenir compte de ces problèmes. La société cherche également à améliorer les performances globales de Starship, avec l'ajout d'un nouveau système électronique de contrôle vectoriel de la poussée pour les moteurs Raptor de l'étage supérieur Starship et des opérations de chargement de propulseur plus rapides avant le lancement.

**SpaceX dispose de quatre vaisseaux spatiaux en phase de construction complète ou presque terminée.**

**Si le prochain vol se déroule sans problème, SpaceX pourrait commencer à lancer plus fréquemment la plus grande fusée du monde.**



## Des succès pour Agence spatiale japonaise JAXA

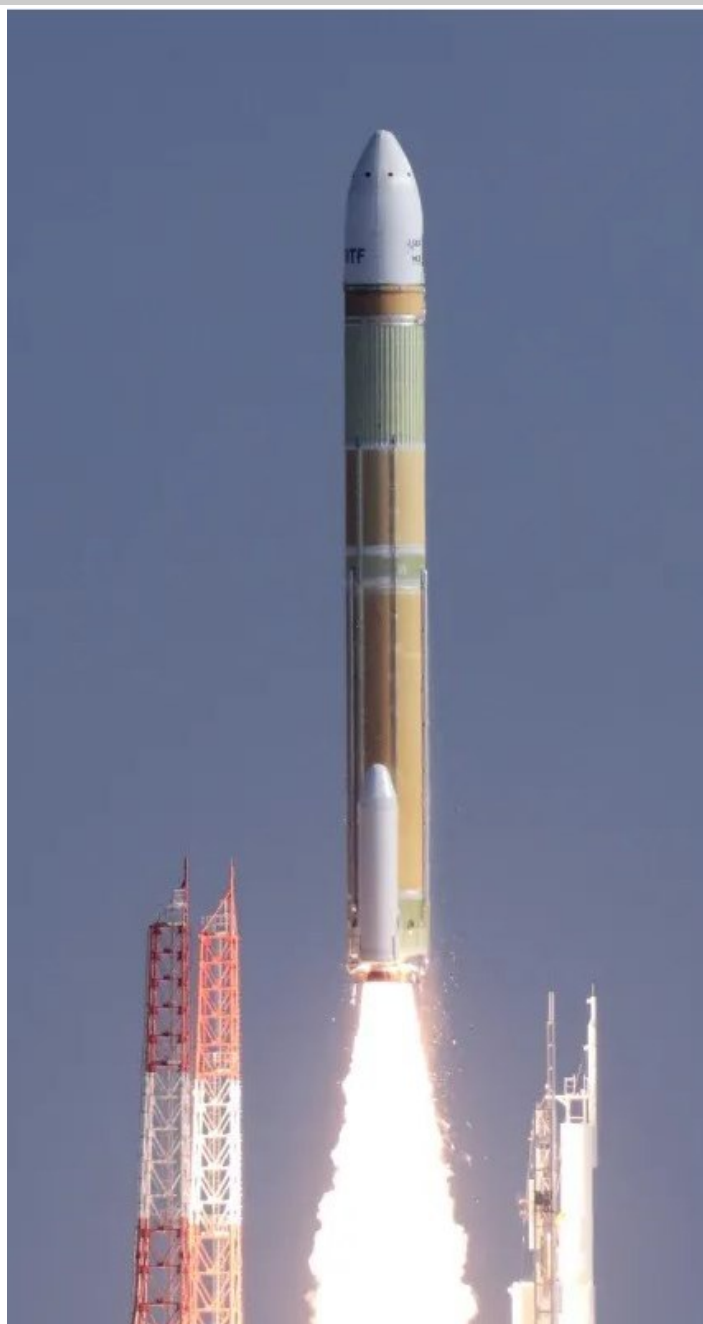
SLIM, son atterrisseur lunaire est bien arrivé à destination sur la Lune le 19 janvier.

Plus récemment, la fusée japonaise H3 a magnifiquement décollé pour un vol d'essai, désigné H3 Test Flight 2 (H3TF2) par l'agence spatiale japonaise JAXA. La fusée H3 a décollé du centre spatial de Tanegashima le 17 février à 9h22, heure japonaise, après un retard de deux jours causé par une météo défavorable. Aucun problème n'a été signalé pendant le compte à rebours, le décollage s'étant produit au début d'une fenêtre de plus de deux heures et demie.

Un point clé du lancement a été la séparation de l'étage supérieur et l'allumage de son moteur LE-5B-3. Lors du lancement inaugural du véhicule en mars 2023, ce moteur n'a pas réussi à s'allumer, obligeant les contrôleurs à émettre une commande de destruction pour détruire la fusée et sa charge utile : le satellite d'observation de la Terre ALOS-3.

Après avoir atteint une orbite préliminaire d'environ 674 km 16 minutes et demie après le décollage, l'une de ses charges utiles, le satellite d'imagerie CE-SAT-1E construit par Canon Electronics, a été déployée. Celle-ci devait être suivi environ neuf minutes plus tard par l'autre charge utile secondaire, un cubesat appelé TIRSAT. Une deuxième mise à feu de l'étage supérieur a eu lieu une heure et 47 minutes après le décollage, durant 26 secondes. Après cela, l'étage supérieur a déployé sa charge utile principale, un simulateur de masse appelé Vehicle Evaluation Payload 4. VEP-4 est une colonne métallique avec la même masse et le même centre de gravité qu'ALOS-3. La JAXA a fait voler la charge utile inerte après des critiques concernant le vol raté d'ALOS-3 (un satellite de 200 millions de dollars), lors du premier lancement de la fusée. Cette dernière opération était pour démontrer la capacité d'effectuer une rentrée contrôlée à la fois de l'étage supérieur et aussi de celle de VEP-4, a déclaré Yasuo Ishii, vice-Président de la JAXA, lors d'une session de la Conférence sur les débris spatiaux organisée par l'Agence spatiale saoudienne le 11 février 2024. NB : les problèmes potentiels liés au système d'allumage ont également affecté l'ancienne fusée H2-A, qui utilise une version du même moteur d'étage supérieur. Cela l'avait immobilisé pendant six mois, mais la fusée a repris son vol en septembre 2023.

**H3 est la clé des futurs projets spatiaux du Japon. La fusée succédera à H2-A et lancera des missions civiles et militaires, notamment le nouveau vaisseau spatial HTV-X qui transportera du fret vers la Station Spatiale Internationale. H3 est également conçue pour fonctionner à des coûts bien inférieurs à ceux de H2-A, ce qui rend le véhicule plus compétitif sur le marché des lancements commerciaux.**



La fusée japonaise H3 a atteint avec succès son orbite lors de son 2<sup>ème</sup> lancement le 16 février 2024. (Image: JAXA)



**SLIM**  
a survécu  
à la glaciale  
nuit lunaire

La Jaxa a produit ce rendu de Slim pour montrer l'orientation d'atterrissage maladroite qui éloignait les cellules solaires du Soleil.

L'atterrisseur lunaire japonais a survécu à la dure nuit lunaire, l'équivalent de deux semaines terrestres, sans soleil, et glaciales. SLIM n'était pas conçu pour les dures nuits lunaires. "Hier soir, une commande a été envoyée à #SLIM et une réponse a été reçue", a déclaré l'agence spatiale nationale JAXA sur X (ex Twitter).

Survivre à la nuit lunaire est l'un des principaux défis technologiques à relever si nous voulons établir des missions robotiques ou humaines de longue durée sur la Lune.



SLIM a atterri près de l'équateur de la Lune, où la surface lunaire atteint plus de 100 °C à midi, mais plonge ensuite à -130 °C pendant la nuit lunaire. JAXA a indiqué que la photo (à gauche) a été prise lors de son retour en action. La communication avec l'atterrisseur a été interrompue après (c'était midi lunaire), ce qui signifie que la température des équipements de communication était très élevée. Des préparatifs étaient en cours pour reprendre les opérations lorsque la température des instruments aurait suffisamment baissé.

La JAXA a félicité l'équipe américaine derrière l'atterrisseur Nova-C. (NB : nous n'avons pas encore de photos transmises du sol lunaire, après son atterrissage).



**ERS-2, satellite européen, pionnier de nombreuses technologies utilisées pour surveiller la planète et son climat, est retombé sur Terre.**

Le vaisseau spatial ERS-2 de deux tonnes a brûlé dans l'atmosphère au-dessus du Pacifique, un peu avant d'atteindre la Californie (Ouf ! Sinon, nous avions la FAA sur le dos). Jusqu'à présent, il n'y a eu aucun témoignage oculaire de l'échec de cette "mission de retour" ou de débris atteignant la surface de la Terre.

ERS-2 faisait partie d'une paire de missions lancées par l'Agence spatiale européenne dans les années 1990 (étude de l'atmosphère, les terres et les océans de manière inédite).

En effet, le duo a surveillé les inondations, mesuré les températures à la surface des continents et des océans, suivi le mouvement des champs de glace et détecté la déformation du sol lors des tremblements de terre... un bon programme ; ERS-2, en particulier, a introduit une nouvelle capacité à évaluer la couche d'ozone protectrice de la Terre. Cependant, toutes les bonnes choses ont une fin (plus rapide que les mauvaises).

Le retour du satellite était attendu, mais incontrôlé. Il n'avait aucun système de propulsion fonctionnel pour diriger sa plongée "enflammée". Les radars ont suivi sa chute le 21 février 2024 et, d'après l'ESA, la fin du satellite est survenue à 17h17 UTC (18h17 CET) à +/- une minute, au-dessus de l'océan Pacifique Nord, entre l'Alaska et Hawaï, à environ 2 000 km à l'ouest de la Californie. Et donc, ce n'était pas le Point Nemo dont on a parlé dans les premières pages du journal, toutefois l'océan Pacifique, qui est plus grand que l'Atlantique fait que la ville de Brest est sauve.

Prédire l'heure et le lieu exacts de la rentrée naturelle du satellite ERS-2 a été rendu plus difficile par le manque de nouvelles observations du satellite lors de ses dernières révolutions autour de la Terre.

L'antenne de 34 m de TIRA a suivi le satellite lors de son passage au-dessus de nous pendant quelques minutes les 19, 20 et 21 février.

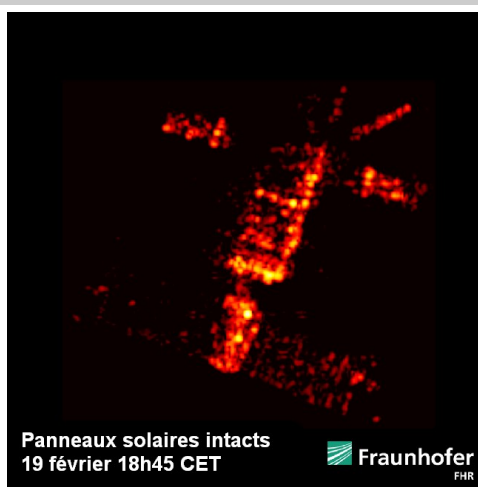


Fraunhofer FHR  
Fraunhofer Institute for High-Frequency  
Physics and Radar Techniques FHR  
Fraunhoferstraße 20  
53243 Wachtberg | Germany

L'ESA remercie l'Institut Fraunhofer de physique des hautes fréquences et de techniques radar FHR pour avoir fourni des mesures de son radar d'observation spatiale TIRA, en étroite collaboration avec le Centre allemand de connaissance de la situation spatiale, GSSAC.

La dernière séance d'observation a eu lieu vers 8h00 CET le 21 février, soit encore environ 10 orbites avant la rentrée.

En comparant les images des trois sessions de suivi TIRA, nous pouvons constater que le panneau solaire d'ERS-2 se détachait déjà et n'était plus fermement attaché au reste du



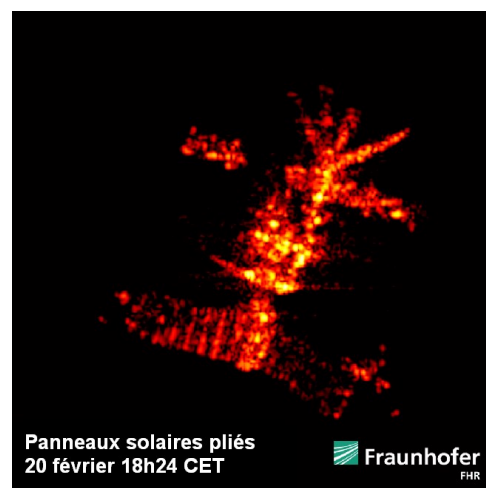
**Panneaux solaires intacts**  
19 février 18h45 CET

Fraunhofer  
FHR

#### Images finales d'ERS-2

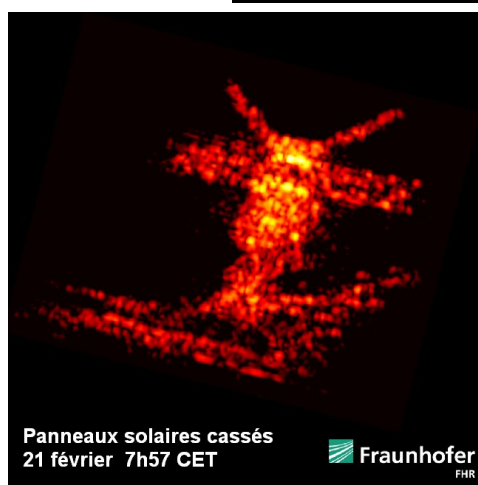
capturées par le radar de suivi et d'imagerie (TIRA) de l'Institut Fraunhofer pour la physique des hautes fréquences et les techniques radar FHR en Allemagne.

NB : heure CET = UTC +1



**Panneaux solaires pliés**  
20 février 18h24 CET

Fraunhofer  
FHR



**Panneaux solaires cassés**  
21 février 7h57 CET

Fraunhofer  
FHR

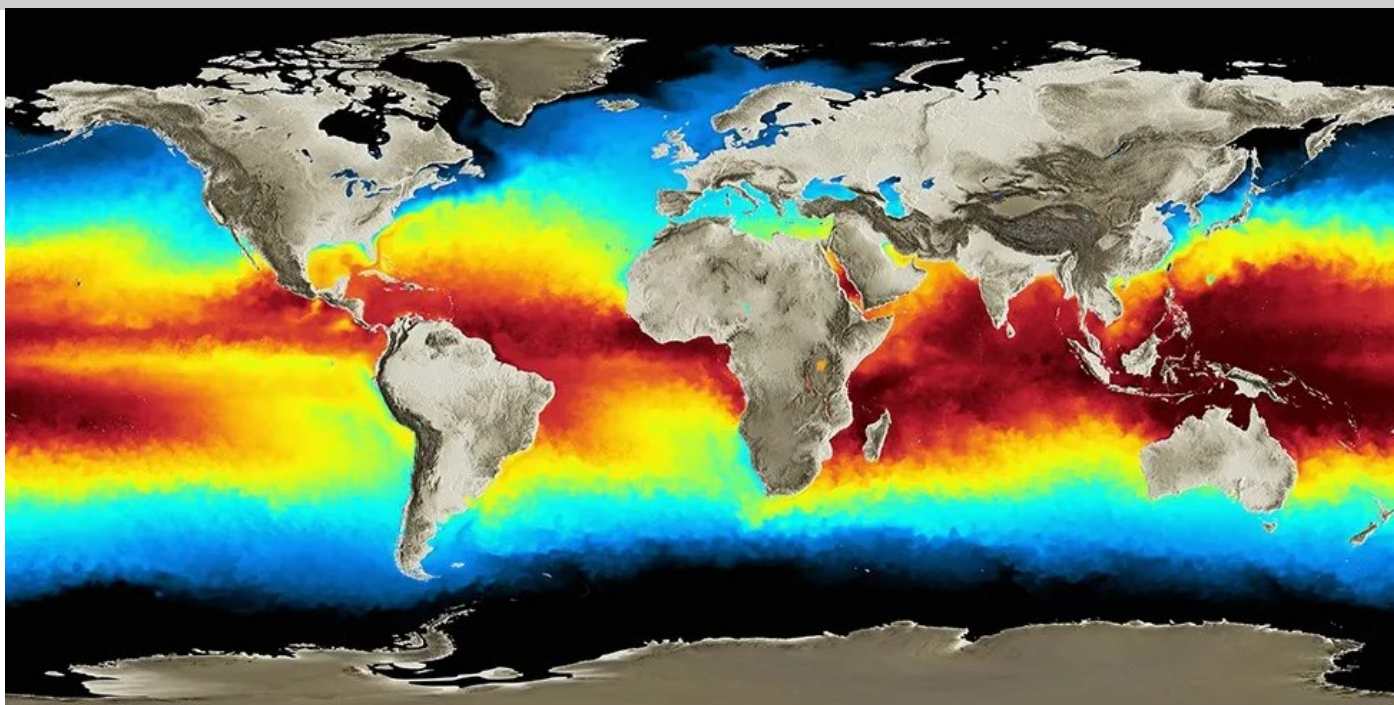
La couleur de ces images représente l'intensité de l'écho radar et non la température.

satellite la veille de sa rentrée. Lorsqu'ils prédisent la trajectoire de rentrée d'un satellite, les experts le traitent comme un objet rigide jusqu'à la toute fin. Si le panneau solaire d'ERS-2 était lâche et se déplaçait de manière indépendante un jour plus tôt, cela aurait pu amener le satellite à interagir avec l'atmosphère d'une manière inattendue.

Les experts analysent actuellement les données.

Si le flambage du panneau solaire est lié au fait que la rentrée d'ERS-2 a eu lieu un peu plus tard que prévu, cette recherche pourrait contribuer à améliorer les prévisions sur les futures rentrées naturelles.





Température de la surface de la mer : la surveillance actuelle de l'évolution du climat doit beaucoup au programme ERS (coloration type « plombier », bleu → + froid).

### Les vaisseaux spatiaux de télédétection de la Terre de l'ESA (ERS) ont été décrits comme les "grands-parents de l'observation de la Terre, en Europe".



Ralph Cordey

« Absolument ! », a déclaré Ralph Cordey. « En termes de technologie, vous pouvez tracer une ligne directe depuis ERS jusqu'aux satellites européens Copernicus & Sentinel qui surveillent la planète aujourd'hui. ERS est l'endroit où tout a commencé », a déclaré Cordey, le Responsable du développement commercial d'Airbus pour l'observation de la Terre.

La scientifique Ruth Mottram est glaciologue à l'Institut météorologique danois. Elle a rappelé la révolution qu'ERS a apportée à sa discipline : « Quand j'étais étudiante à l'université dans les années 1990, on nous disait que les calottes glaciaires étaient très froides et stables et qu'elles n'allaient pas beaucoup changer ; il faudrait des décennies avant de constater le type de changements que nous nous attendions à voir comme une conséquence du changement climatique. Et ERS a vraiment montré que ce n'était pas vrai et que de grands changements se produisaient déjà ».



Ruth Mottram

Lorsque ERS-2 a cessé ses opérations en 2011, les contrôleurs ont fait abaisser son orbite de 780 km au-dessus de la Terre à une altitude de 570 km. Ceux-ci ont ensuite « passivé » le satellite : ses réservoirs ont été vidés et son système de batteries a été entièrement déchargé.

On s'attendait à ce que la haute atmosphère entraîne le vaisseau spatial vers la destruction dans environ 15 ans ; et c'est une chose qui s'est réalisée en fait le mercredi 21 février 2024, deux ans avant ce qui était prévu.

Dans les années 1990, les directives en matière de réduction des débris spatiaux étaient beaucoup plus souples. Ramener un vaisseau spatial redondant 25 ans après la fin de ses opérations était jugé acceptable.

Désormais la nouvelle **Charte Zéro Débris** de l'ESA recommande que le délai de grâce pour l'élimination ne dépasse pas cinq ans. Et ses futurs satellites seront lancés avec le carburant et la capacité électrique nécessaires pour se désorbiter de manière propulsive dans un délai bref.

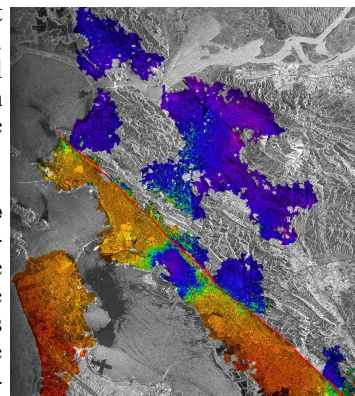
La raison est évidente : avec autant de satellites désormais lancés en orbite, le risque de collision augmente.

ERS-1 est tombé en panne soudainement avant que les ingénieurs puissent baisser progressivement son altitude.

NB : à 700 km au-dessus de la Terre, il pourrait s'écouler un siècle avant qu'un satellite ne retombe ici bas, par voie naturelle.

La société américaine SpaceX, qui exploite une flotte de plus de 5 000 satellites fonctionnels actuellement en orbite, a récemment annoncé qu'elle en ferait tomber 100 après avoir découvert une anomalie qui "pourrait augmenter la probabilité de panne dans le futur". SpaceX souhaite retirer ces Starlink qui présentent un dysfonctionnement potentiel avant que des problèmes majeurs ne rendent la tâche plus difficile.

La semaine dernière, la Secure World Foundation, un groupe de défense de l'utilisation durable de l'espace, et LeoLabs, une société américaine qui traque les débris spatiaux, ont publié une déclaration pressante sur la nécessité de retirer le matériel orbital redondant dans l'espace.



Faïlle Hayward en Californie : ERS a été le pionnier de l'interférométrie radar et de la cartographie du mouvement des roches.

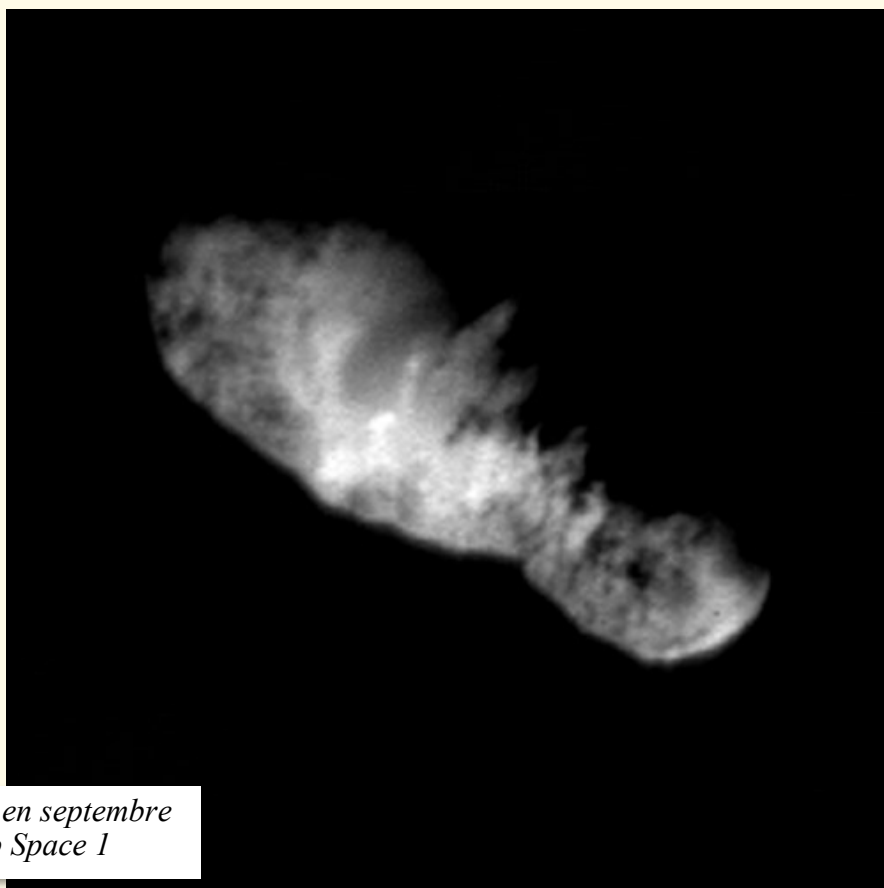
# C'est arrivé ce jour-là...

## Février 2022, il y a 2 ans

La comète 19P/Borrelly provient de la ceinture de Kuiper. Elle a été découverte à l'observatoire de Marseille le 28 décembre 1904 par Alphonse Louis Nicolas Borrelly. Cette comète périodique fait maintenant partie des comètes à courtes périodes (6 ans 10 mois). Elle s'approche à 1,35 UA du Soleil et s'éloigne à 5,83 UA soit à peine au-delà de Jupiter. En septembre 2001, la sonde spatiale Deep Space 1, en route pour l'astéroïde Eros, a survolé le noyau de la comète et nous a envoyé alors les meilleures images et données scientifiques d'une comète. A 3400 km de la comète, la résolution des images permettait d'avoir des détails de 45 m par pixel. Sa forme très allongée (4 km de large sur 8 km de long) lui a donné le surnom de « cuisse de poulet ». Cette forme suggère que le noyau est un assemblage de deux noyaux distincts. La faible production de gaz et de poussière (moins de 1 tonne d'eau par seconde) amène à penser que c'est une comète vieillissante. Elle a déjà épuisé une bonne partie de ses composés volatils au cours de ses nombreux passages au périhélie et elle n'est désormais jamais très spectaculaire, elle ne développe plus de chevelure et de queue impressionnantes. Le dernier passage rapproché, le périhélie, s'est produit le 1<sup>er</sup> février 2022, le prochain aura lieu le 11 décembre 2028.



*Alphonse Borrelly (1842 - 1926)*

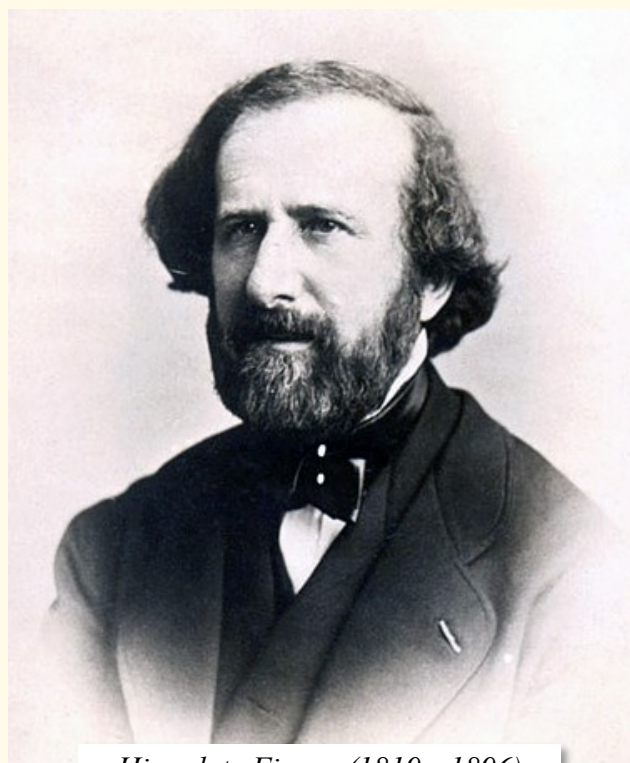


*Noyau de la comète Borrelly en septembre 2001, par la sonde Deep Space 1*



## Février 1874, il y a 150 ans

Dès 1851, Hippolyte Fizeau comprend qu'on doit pouvoir mesurer le diamètre apparent des étoiles en utilisant la technique de l'interférométrie. Cela consiste à diaphragmer l'entrée d'un instrument en deux ouvertures. Cette idée n'est publiée qu'en 1868 et elle n'est mise en application que 5 ans plus tard par Edouard Stéphan à l'observatoire de Marseille avec le télescope de 80 cm, le plus grand télescope de l'époque. Il place à l'ouverture du télescope un masque percé de 2 ouvertures en forme de lunules espacées de 65 cm. Il observe la plupart des étoiles les plus brillantes avec cet instrument et toutes montrent à l'oculaire des franges d'interférences bien nettes et aucune d'elles n'est résolue. Il écrit à Hippolyte Fizeau le 1<sup>er</sup> février 1874 : « *Ainsi le diamètre apparent de toutes les étoiles observées est considérablement inférieur à  $1/6^{\text{ème}}$  de seconde d'arc* » (le maximum de ce qu'on pouvait atteindre à



Hippolyte Fizeau (1819 - 1896)

*La lumière d'une étoile en passant par chacune des deux ouvertures se combine, interfère, et forme à l'oculaire soit la fameuse tache d'Airy bien connue si les ouvertures sont suffisamment espacées, on dit que l'étoile est résolue, soit une alternance de franges claires et sombres, des franges d'interférences si les ouvertures sont trop rapprochées, l'étoile n'est pas résolue.*

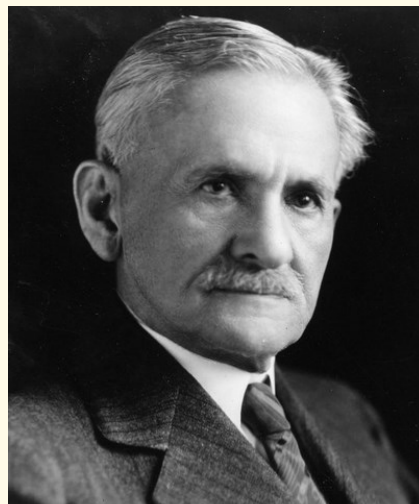


*Une petite étoile (en jaune) montre des franges nettes, une grande étoile (rouge) montre des franges plus floues.*



# C'est arrivé ce jour-là...

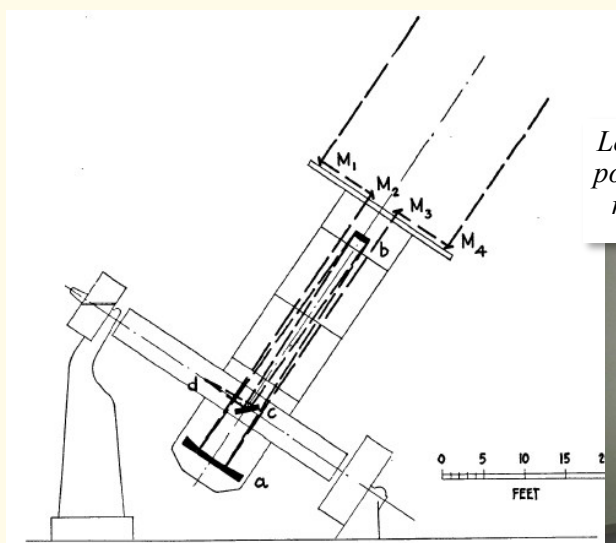
l'époque avec un télescope de 60 cm). La technique de l'interférométrie est à nouveau utilisée, mais cette fois-ci avec succès, par Albert Michelson en 1891 et Maurice Hamy, en 1898 pour mesurer le diamètre apparent des satellites de Jupiter. Leur diamètre apparent étant plus important que celui de n'importe quelle étoile, le "simple" Grand Equatorial Coudé de 60 cm de l'observatoire de Paris suffit à réaliser l'expérience. En 1895, Karl Schwarzschild mesure la séparation entre les composantes d'une étoile double et il faut attendre 1920 pour que Michelson et Pease parviennent enfin à mesurer le diamètre d'une étoile : Bételgeuse. Ils utilisent pour cela, le grand télescope de 2,54 m du mont Wilson mais ils lui adaptent une poutre munie de miroirs afin d'agrandir artificiellement le diamètre du télescope, et ils parviennent à mesurer un diamètre apparent de 0,047 secondes d'arc avec une séparation des miroirs sur la poutre de plus de 3 m. Bételgeuse se trouvant à 500 al de la Terre, ce diamètre apparent conduit à un rayon réel de 600 millions de km : Bételgeuse est une supergéante rouge, une étoile qui, si elle se trouvait à la place du Soleil dans notre système solaire s'étendrait pratiquement jusqu'à l'orbite de Jupiter.



*Albert Michelson (1852 - 1931)*



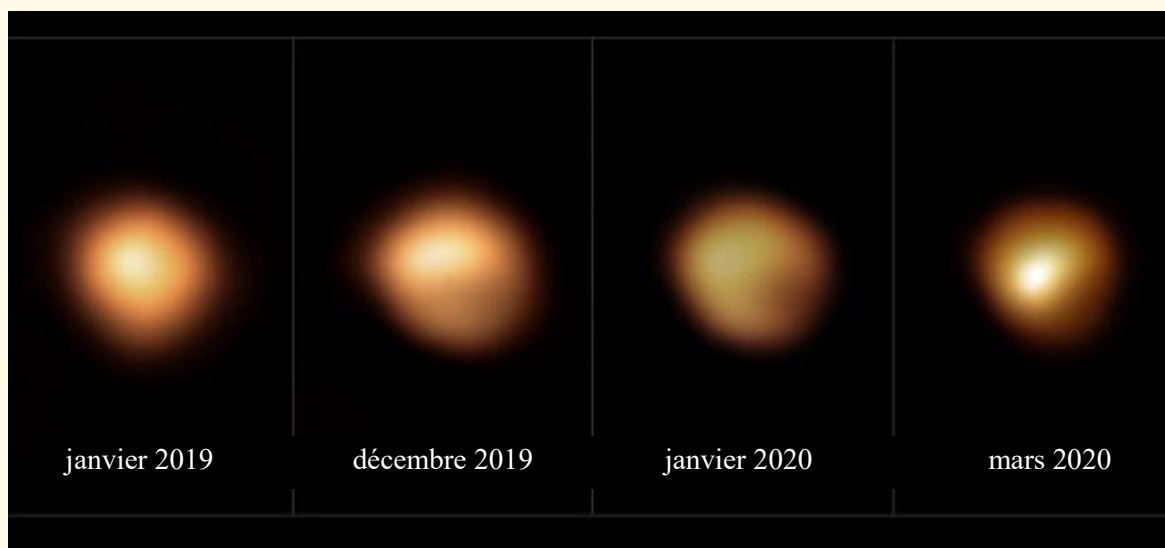
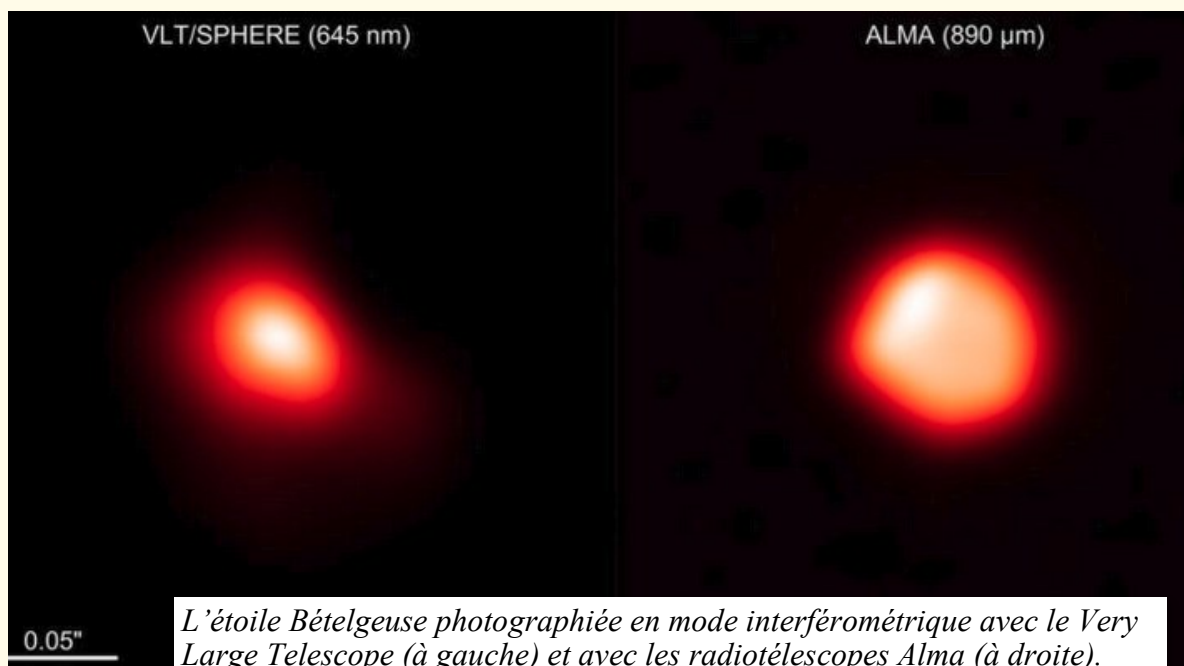
*Le télescope Hooker de 100 pouces (2,54 m) du mont Wilson.*



*Le télescope de 100 pouces avec sa poutre munie de 4 miroirs avec les 2 miroirs les plus externes mobiles.*







*Ces images, prises avec l'instrument Sphere du Very Large Telescope de l'ESO, montrent la surface de l'étoile Bételgeuse pendant la diminution sans précédent de son intensité lumineuse, qui s'est produite fin 2019 et début 2020. L'image à l'extrême gauche, prise en janvier 2019, montre sa luminosité normale, tandis que les autres images ont toutes été prises lorsque celle-ci avait sensiblement diminué, en particulier dans sa région sud. La luminosité est revenue à la normale en avril 2020. Arrivée en fin de vie, Bételgeuse éjecte de la matière dans son fort vent stellaire, elle forme ainsi des nuages de poussière qui peuvent à l'occasion masquer sa surface et l'assombrir à nos yeux lorsqu'ils sont éjectés dans notre direction.*

# Les aurores boréales



## La Norvège

Le pays est connu pour les fjords, les rennes, les élans si on en croit les panneaux sur les routes et les sites d'observation des aurores boréales. La région de Tromsø (prononcer tromsoeu, comme le oeu de œuf et bien sûr en roulant les r) est complètement déchiquetée par les fjords et il faut faire des kilomètres pour aller d'une ville à une autre car les routes ne sont tracées que sur les côtes. Les rennes sont en liberté et il faut trouver des étendues dégagées de toute neige pour les trouver. Les élans sont beaucoup plus discrets et le seul qu'on ait vu a traversé la route devant nous en pleine nuit alors que nous nous dirigeons vers un des sites d'aurores. Il est passé entre deux maisons, tout douce-



ment, on aurait dit qu'il essayait de faire celui qui voulait être discret. En ce qui concerne les aurores, les parkings référencés « northern lights » montrent qu'elles doivent être relativement courantes ici, à 69° nord, 300 km au-dessus du cercle polaire arctique. Hormis ces parkings, on se demande s'il y a beaucoup d'astronomes amateurs en Norvège : côté pollution lumineuse, ils doivent être champions du monde. Des lampadaires sur toutes les routes sur des dizaines de kilomètres. Des lampes sur toutes les fenêtres, sur tous les murs extérieurs des maisons, sur le moindre garage avec des lampes qui éclairent jusque chez le voisin d'en face...

A Tromsø, à en croire les locaux, un des spots les plus proches pour observer les aurores, se trouve sur le bord de la côte, à moins de 1 km de l'hôtel où nous nous trouvons, mais à peine à 100 m de l'aéroport : ils ne doutent de rien !





### Vendredi 1<sup>er</sup> mars

Sur l'appli de prévisions des aurores, je vois un indice kp égal à 3 et une puissance pour les particules qui frôle les 40 GW : les chances sont bonnes ce soir pour observer des aurores. Nous sortons du centre de Tromsø pour trouver un endroit isolé, loin des lumières parasites et pas trop enclavé entre les montagnes. Un des parkings réputés de la région se trouve sur Kvaløya, réputation confirmée en arrivant par le nombre d'observateurs déjà présents. Le balai des aurores a déjà commencé. Tout se passe sur l'horizon nord, les aurores durent 2 heures puis l'intensité décroît et les nuages envahissent le ciel. C'était un spectacle magnifique !

### Dimanche 3 mars

Rien sur l'appli durant la journée mais subitement en fin d'après-midi l'indice kp monte à 6 et la puissance atteint pratiquement les 100 GW : en fonction des paramètres, la tempête géomagnétique est qualifiée de mineure à sévère, et cette fois le spectacle promet d'être impressionnant. Malheureusement le ciel est bien couvert exceptée pour une trouée dans les nuages juste au-dessus de nos têtes. Nous décidons

Pour voir les aurores, il faut donc être prêt à faire des kilomètres pour être installé idéalement pour profiter du spectacle.

En 2024, nous sommes dans le maximum d'activité du cycle n°25 ; il faut tenter sa chance.



néanmoins de retourner sur le parking de Kvaløya. En route, nous constatons que nous nous enfonçons sous les nuages, inutile de continuer dans cette direction ; demi-tour vers la trouée et nous investissons une petite île un peu à l'écart des lumières, l'île d'Håkøya en face de Tromsø. Il est 18h 30, il ne fait pas encore nuit et nous voyons déjà des aurores entre les nuages.



La couverture nuageuse de va pas en s'éclaircissant, dommage, on va louper un spectacle qui promettait d'être fabuleux. Sur une de nos dernières photos avant de remballer nous constatons que loin vers l'est, on peut voir l'aurore à l'horizon sous les nuages, signe qu'on doit pouvoir s'extraire de la chappe nuageuse si on file vers l'est.



On peut distinguer l'aurore à l'horizon au-delà des nuages

C'est donc parti pour un périple pour trouver un autre secteur dégagé des lumières et des montagnes. Je râle pendant de nombreux kilomètres après les lampadaires qui bordent les routes. Ici l'électricité ne doit pas être chère, il y a des lampadaires tous les 100 m, sur des dizaines de kilomètres le long de routes limitées à 50 km/h. Il nous faut trois quarts d'heure de route pour

trouver notre graal au nord-est de Tromsø un peu avant la petite ville de Oldervik. C'est un autre site réputé pour les observations des aurores boréales et nous y arrivons vers 20h 45. Le spectacle est magnifique : tout se déroule vers le sud cette fois-ci, ce qui indique une puissance plus élevée pour les particules solaires, l'ovale auroral est plus large que le 1<sup>er</sup> mars. Les aurores s'étalent à l'horizon, de l'est jusqu'à l'ouest et cela monte de plus en plus vers le zénith. La luminosité augmente, avec pour conséquence l'augmentation de la vitesse d'évolution du phénomène : on est face à un gigantesque rideau qui part du zénith jusqu'à l'horizon et qui englobe toute une moitié du ciel et on voit ce rideau bouger à vue d'œil comme si quelqu'un le faisait onduler, c'est féérique. Après 2h de spectacle, l'aurore passe le zénith pour se développer côté nord et elle perd alors en intensité. C'était fabuleux. Le flot de particules avait déjà commencé au coucher du soleil vers 18h 30 et il est resté très intense jusqu'à 22h 45. Cette tempête géomagnétique n'avait pas été spécialement prévue. Elle est due à une éruption solaire qui datait du 28 février, mais les spécialistes pensaient que la Terre serait épargnée car elle n'était pas du tout dirigée dans notre direction. Heureusement que nous avons des satellites qui surveillent l'environnement terrestre en temps réel, mais il faut être réactif car les prévisions ne précèdent que d'environ 1 heure le déploiement des aurores sur Terre. Le spectacle était hypnotisant. Seules les photos nous révèlent le phénomène dans toutes ses couleurs, mais les temps de pose nécessaires avec notre matériel ne peuvent mettre en évidence le dynamisme de l'aurore, c'est un spectacle qu'on ne peut admirer qu'à l'œil nu.



Le vert au-delà de 120 km d'altitude, le rouge au-delà de 180 km.

#### Lundi 4 mars

Aujourd'hui, l'indice kp reste inférieur à 2, la probabilité est donc faible pour qu'il y ait des aurores, et la puissance des particules n'excède pas les 30 GW.



Mais le hasard veut qu'une touriste allemande est en train d'en photographier une depuis la terrasse de l'hôtel au 11<sup>e</sup> étage. En voyant ce qu'elle est en train d'admirer, nous partons immédiatement sur l'île d'Håkøya. Il ne faut pas traîner, il fait déjà nuit et vu les indicateurs, cela risque de ne pas durer longtemps. Nous nous hâtons donc, dans la limite des 50 km/h à ne surtout pas dépasser, trépignant d'impatience pour être sur place plus rapidement. On sort de la voiture et effectivement le spectacle est au rendez-vous. Moins de 10 minutes plus tard, l'aurore gagne en intensité et les volutes se dessinent à l'horizon, côté nord, l'ovale auroral est plus réduit, les particules sont moins énergétiques. Le spectacle ne dure qu'une demi-heure, heureusement qu'on n'avait pas pris la décision d'aller sur le site de la veille, on serait arrivé après les festivités...

A l'œil nu, il faudrait une tempête géomagnétique sévère pour voir les couleurs, surtout le vert. Nous ne pouvons apprécier que des nuances de gris, mais on constate tout de même des contrastes différents entre les parties vertes et les rouges qu'on distingue immédiatement sur les photos. Les particules les moins énergétiques, qui restent à 180 km d'altitude, percutent les atomes d'oxygène qui donnent la couleur rouge. Si les particules sont plus énergétiques elles peuvent descendre jusqu'à 100 km et percutent ces mêmes atomes d'oxygène mais avec plus de violence et ceux-ci réagissent en émettant dans le vert. Parfois, lorsque les particules sont vraiment virulentes, elles peuvent descendre jusqu'à 75 km ; là, elles rencontrent les molécules d'azote qui rayonnent dans le mauve, et les molécules d'oxygène qui rayonnent dans le rose.

Même sur nos images nous n'avons obtenu que du vert et du rouge. L'activité solaire va rester à son maximum encore pendant toute l'année 2025. Nous pouvons retenter notre chance l'année prochaine...









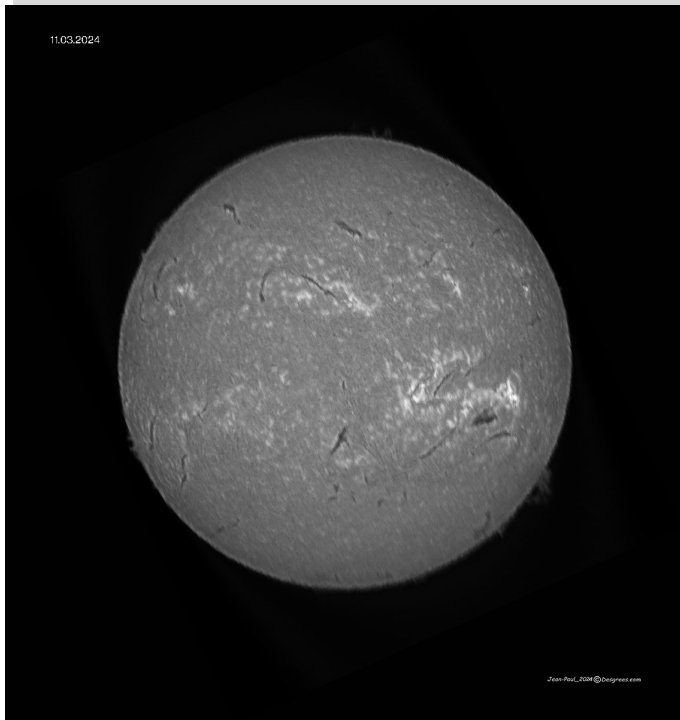




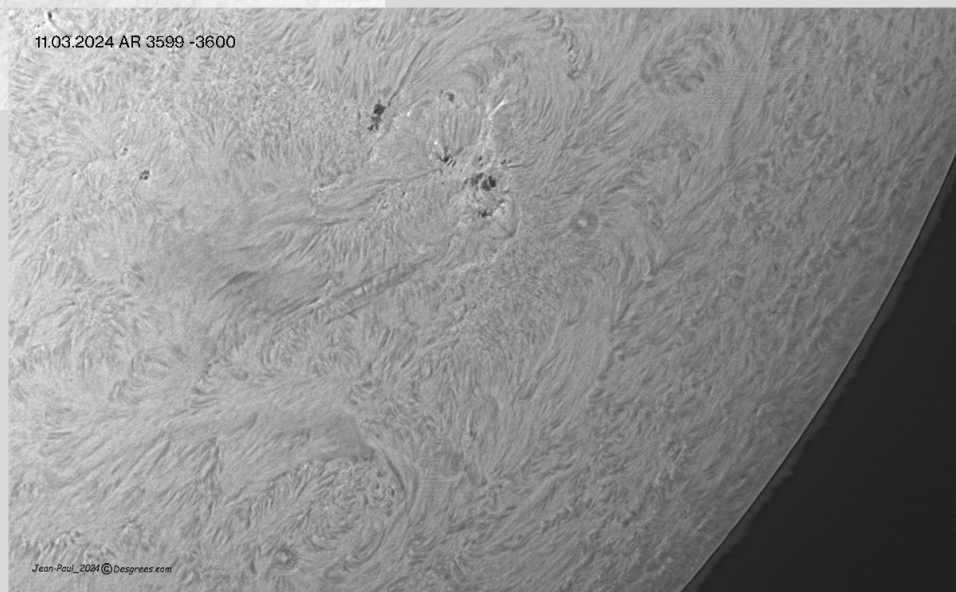


# Galerie

## Le Soleil au Sol'Ex, Jean-Paul



## Le Soleil en H alpha, Jean-Paul





Christian Pons-Brooks

**Comète 12P/Pons-Brooks**  
Lunette Fra 600  
28 x 90s

*Christian*







# Galerie

**Comète 12P/Pons-Brooks**  
58 x 60s

*Michel*



**Comète 12P/Pons-Brooks**

*Jérôme*







**NGC5128,**  
La galaxie du Centaure  
Télescope CDK24 (61 cm)  
R (20x5min), V (21x5min)  
B (18x5min), L (21x5min)

*Christian*

Christian R. Bouvier

**Albireo78**  
saison 2023-2024

  
**Albireo<sup>78</sup>**

  
**59**

1st - LOCAL WINNER



ASTROPHOTOGRAPHY AWARDS  
(Le prix du public, France)

albreo78.com

## Meilleurs emplacements

Les 12 derniers mois

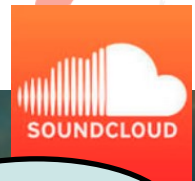
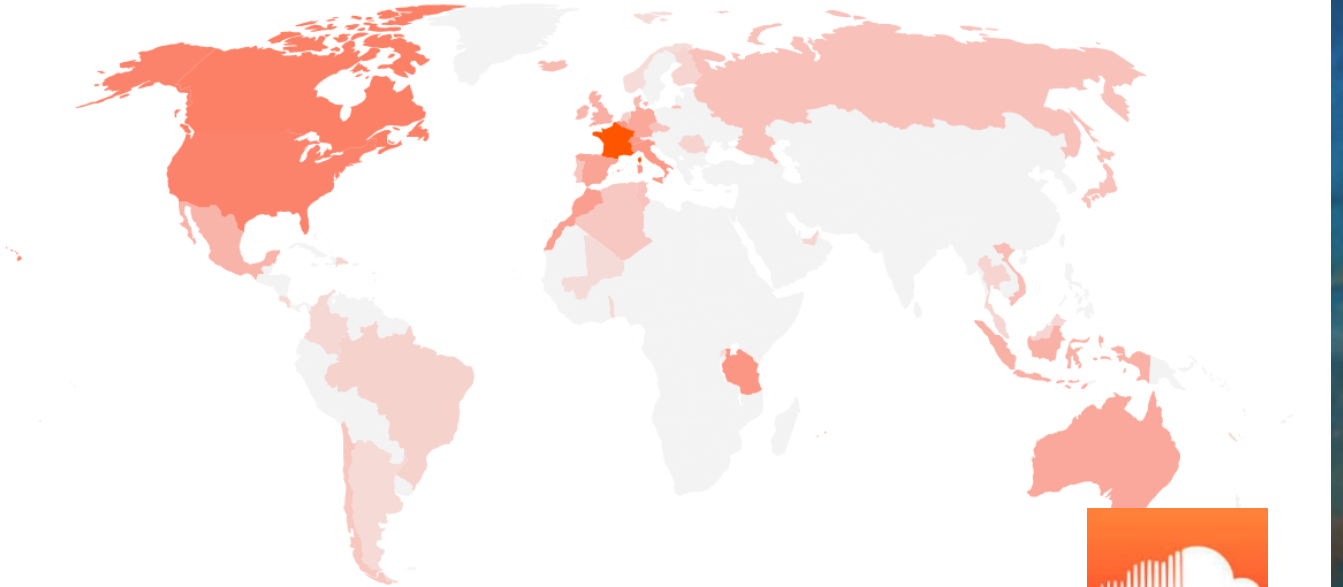
195.551 écoutes

70 mentions J'aime

1 commentaire

18 republications

366 téléchargements



**Soundcloud**  
314 abonnés



**Facebook**  
824 abonnés

**SADR**  
Notre observatoire en remote  
[www.sadr.fr](http://www.sadr.fr)

**« En route vers les étoiles »**  
Notre émission radio  
19 saisons, 204 émissions,  
846 chroniques scientifiques

**L'Albireoscope**  
39 abonnés



www.albreo78.com