

numéro 91

été 2020

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

*Albireo*<sup>78</sup>

# L'ALBIREOSCOPE

*le télescope spatial Hubble : 30 ans déjà...*

*Mission Mars 2020*

*les céphéides (3)*

*Nicolas*

# en couverture



## LoTr5, NGC4725, NGC4747, NGC4712

**Nicolas**

**Instrument** : Lunette FSQ 85mm

**Acquisitions** : LRVBO (50, 16, 16, 15, 71 x 5 min)

**Total** : 14h

**Date** : avril 2020

**Lieu** : Auffargis

BRAVO pour la belle image de la petite nébuleuse planétaire ; elle ressemble un peu à Abell39 mais ne partage pas avec elle son étoile centrale. LoTr5 est unique dans le sens que si l'on admet que l'étoile en son centre est son étoile "centrale", celle-ci n'est sûrement pas à l'origine de la N.P (nébuleuse planétaire) qui doit son existence à une étoile chaude (typiquement 50-100 000K). Donc l'étoile centrale est un système d'au moins 2 étoiles, l'autre étant la belle orangée. La binarité du système central est un problème actuel ; souvent les nébuleuses planétaires ont une symétrie et une forme qui font penser à plusieurs lobes ne pouvant être créés que par l'influence d'un second membre. Ici la N.P est assez ronde mais évidemment binaire. Binaire au moins mais peut être plus car une étude complète a été menée sur l'évolution du couple, et les vitesses radiales, en fonction du temps, révèle une période de rotation de 8 ans et une fonction de masse (voir l'indispensable Agnès ACKER ASTRONOMIE : étoiles doubles spectroscopiques) pour HD112313 (l'étoile visible) de 0.025 masse solaire, ce qui est hautement improbable.

**Pierre**



# Sommaire

4



## Le télescope spatial Hubble

*Michel*

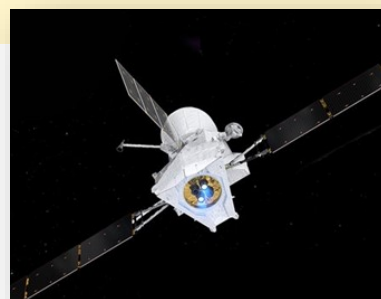
Depuis 30 ans, il nous abreuve d'images fantastiques...

16

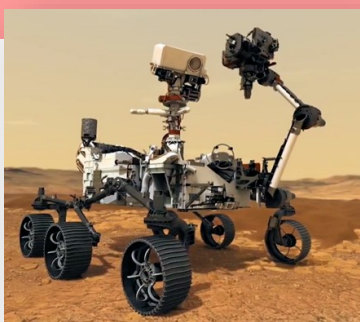
## Bepi Colombo

Destination Mercure...

*Michel*



20



## Mission Mars 2020

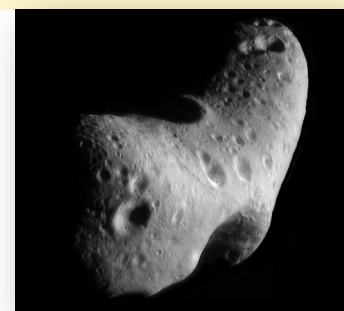
Persévérance...

*Michel*

46

## C'est arrivé ce jour-là... *lionel*

Des évènements en relation avec le monde de l'astronomie qui se sont déroulés en été 1910, 1898...



48



## les céphéides (3)

*lionel*

Vers la détermination des distances dans l'Univers...



Le télescope spatial Hubble photographié de la navette spatiale (mission STS-82) lors d'une opération de maintenance en 2002.

Pour tout savoir sur le télescope Hubble, n'hésitez pas à replonger dans les archives de l'albireoscope : le n° 68 de décembre 2013.

Eh oui, 30 ans déjà... C'était le 24 avril 1990 que le télescope spatial Hubble s'envolait dans le ciel à bord de la navette spatiale Discovery (mission STS-31). La navette emportait cinq astronautes, pour une mission de mise en poste du télescope spatial d'une durée d'un peu plus de 5 jours.

Ci-contre, l'équipage de Discovery posant sur un fond étoilé devant le logo de la mission avec, de gauche à droite :

- Charles F. Bolden Jr. - Pilot
- Steven A. Hawley - MS-2
- Loren J. Shriver - Commander
- Bruce McCandless II - MS-1 and EV1
- Kathryn D. Sullivan - MS-3 and EV2



La navette spatiale Colombia, en préparation sur le pas de tir 39 A, voit partir sa sœur Discovery qui s'élance de manière parfaite dans le ciel à 2,5 km d'elle.



Pour fêter cet anniversaire des 30 années passées dans l'espace, Hubble nous délivre encore une belle photographie du ciel, une « tapisserie flamboyante », un portrait d'une tempête de feu qui signe la naissance des étoiles. Cela se passe dans une galaxie proche, voisine de notre Voie Lactée :

**Le Grand Nuage de Magellan, à 163 000 années lumière de chez nous..**

Une nébuleuse géante rouge :

**NGC 2014**

et sa voisine bleue :

**NG 2020**

forment le

« récif cosmique »

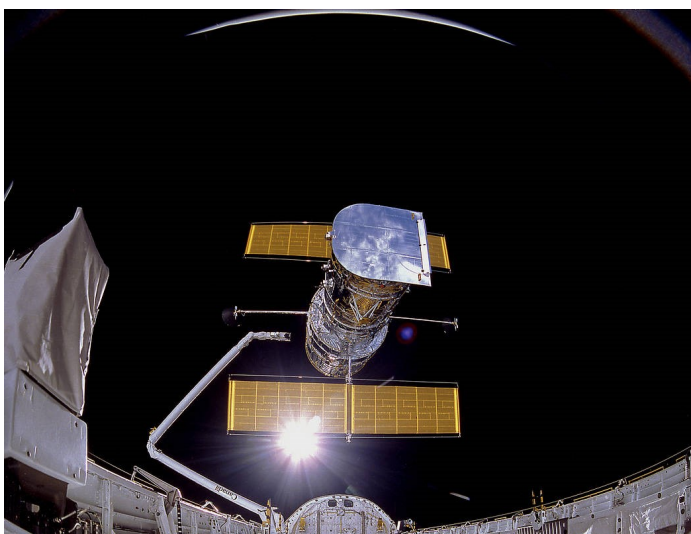
ainsi nommé pour sa ressemblance avec un fond sous-marin...



Une image colorée ressemblant à une version cosmique d'un monde sous-marin regorgeant d'étoiles est donc publiée pour commémorer les 30 ans du télescope spatial



Hubble, qui nous a fait voir tant de merveilles de l'espace. Dans ce portrait de Hubble, la nébuleuse rouge géante (NGC 2014) et sa petite voisine bleue (NGC 2020) font partie d'une vaste région de formation d'étoiles dans le Grand Nuage de Magellan, une galaxie satellite de la Voie lactée, située à 163 000 années-lumière environ. L'image a été surnommée « cosmic reef », car NGC 2014 ressemble à une partie d'un récif de corail flottant dans une vaste mer d'étoiles. Certaines des étoiles de NGC 2014 sont des monstres. La pièce maîtresse et étincelante de la nébuleuse est un groupe d'étoiles brillantes et massives, chacune 10 à 20 fois plus massive que notre Soleil. La nébuleuse bleue apparemment isolée en bas à gauche (NGC 2020) a été créée par une étoile super géante et solitaire 200 000 fois plus lumineuse que notre Soleil. Le gaz bleu a été éjecté par l'étoile lors d'une série d'événements éruptifs au cours desquels elle a perdu une partie de son enveloppe extérieure de matière.



Le télescope spatial Hubble préparé par les astronaute est lâché... La navette restera un moment à ses côtés, le temps que les contrôleurs au sol vérifient les équipements et que tout se passe bien avant sa mise en orbite à 612 km.

Déployé sur orbite terrestre un jour après son lancement, le télescope Hubble a ouvert un nouvel œil sur le cosmos qui a transformé notre civilisation.



Hubble a révolutionné l'astronomie moderne, non seulement pour les scientifiques, mais aussi en emmenant le public dans un merveilleux voyage d'exploration et de découverte. Les instantanés célestes à couper le souffle de Hubble fournissent un raccourci visuel pour les principales réalisations scientifiques de Hubble. Contrairement à tout télescope spatial avant lui, Hubble a rendu l'astronomie pertinente, attrayante et accessible pour les personnes de tous âges. L'imagerie emblématique du télescope spatial a redéfini notre vision de l'univers et notre place dans le temps et l'espace.

*« Hubble nous a donné des informations époustouflantes sur l'univers, des planètes voisines aux galaxies*

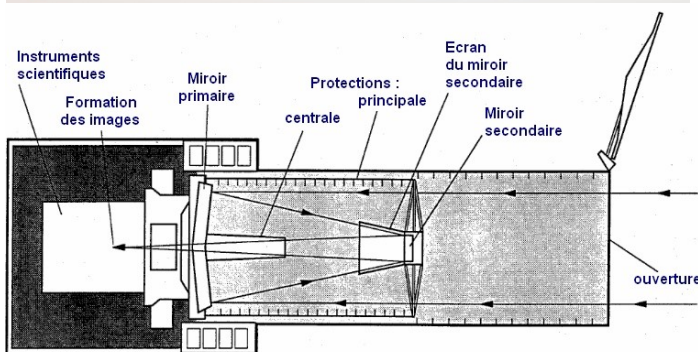
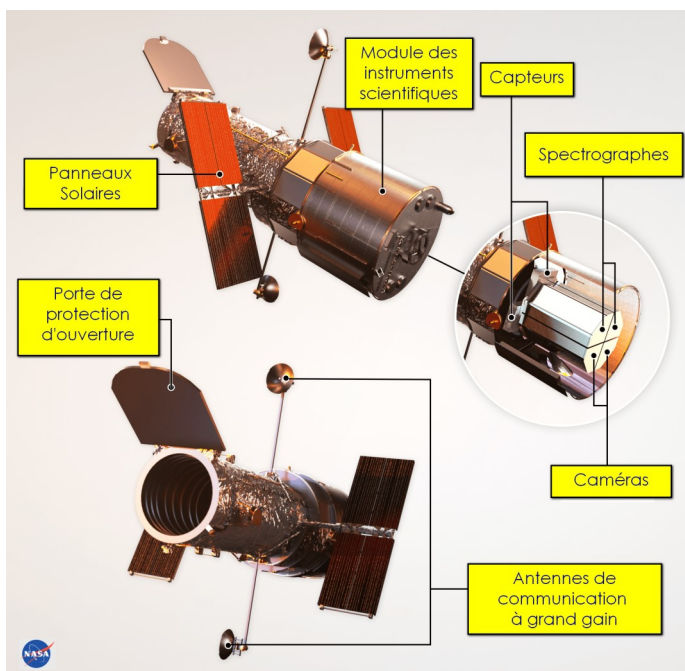


Le télescope spatial Hubble doit rester stable pour viser le même champ du ciel plusieurs jours de suite et nous montrer le ciel profond, et ses myriades de galaxies.

*les plus lointaines que nous ayons vues jusqu'à présent », a déclaré Thomas Zurbuchen, administrateur associé pour la science au siège de la NASA à Washington, DC. "Il était révolutionnaire de lancer un télescope aussi grand il y a 30 ans, et cette puissance astronomique*

*révolutionne la science encore aujourd'hui. Ses images spectaculaires ont captivé l'imagination pendant des décennies et continueront d'inspirer l'humanité pour les années à venir »*

Sans être gêné par l'atmosphère floue de la Terre, l'observatoire spatial dévoile l'univers avec une netteté cristalline sans précédent sur une large gamme de longueurs d'onde, de l'ultraviolet à la lumière proche infrarouge.



Le télescope est de type Ritchey-Chretien : un miroir principal de 94 pouces (2,3876 m) avec couche réfléchissante en aluminium. Le miroir secondaire, d'un diamètre de 13 pouces (33 cm) est placé à 16 ft (4,8768 m) du miroir primaire, suffisamment loin de l'ouverture pour s'assurer que la lumière directe n'interfère pas avec l'image étudiée. Trois cylindres noirs (protections) bloquent toute lumière parasite indésirable.

Les principales réalisations du télescope Hubble comprennent :

- La mesure du taux d'expansion et d'accélération de l'univers et la constatation que les trous noirs sont courants parmi les galaxies ;
- La caractérisation de l'atmosphère des planètes autour d'autres étoiles ;

- La surveillance des changements météorologiques sur les planètes de notre système solaire ;
- Le regard en arrière dans le temps à travers 97 % de l'univers pour raconter la naissance et l'évolution des étoiles et des galaxies.

Hubble est une machine à découvertes, et ses instruments fonctionnent à plein régime.

Hubble a produit à ce jour 1,4 million d'observations et fourni des données que les astronomes du monde entier ont utilisées pour rédiger plus de 17 000 publications scientifiques évaluées par les pairs, ce qui en fait l'observatoire spatial le plus prolifique de l'histoire. À lui seul, ses données d'archives alimenteront les futures recherches en astronomie pour les générations à venir.

La longévité de Hubble peut être attribuée à cinq missions d'entretien de navettes spatiales, de 1993 à 2009, au cours desquelles les astronautes ont amélioré le télescope avec des instruments avancés, de nouveaux appareils électroniques et des réparations en orbite. Le vénérable observatoire, avec sa suite de caméras et d'autres instruments, devrait rester opérationnel pendant les années 2020, en synergie avec le prochain télescope spatial James Webb. Le Dr Jennifer Wiseman est confiant : « *Hubble peut continuer à bien travailler dans les années 2020... Son successeur supposé - le télescope spatial James Webb (JWST) - devrait être lancé l'année prochaine, mais la présence en orbite de cet observatoire plus moderne ne fera en réalité que renforcer les capacités et cela ne rendra pas Hubble redondant* ». Le télescope spatial Hubble est un projet de coopération internationale entre la NASA et l'ESA (l'Agence Spatiale Européenne). Ces agences affirment que les opérations seront financées aussi longtemps qu'elles resteront productives.

Le Goddard Space Flight Center de la NASA à Greenbelt, Maryland, gère le télescope. Le Space Telescope Science Institute (STScI) de Baltimore mène les opérations scientifiques spécifiques de Hubble (STScI est exploité pour la NASA par l'Association of Universities for Research in Astronomy à Washington, D.C.).



**Westerlund 2** : situé à 20 000 années lumière dans la constellation de la Carène. Image du 25ème anniversaire, en proche infrarouge et visible .



En tant qu'astronomes amateurs, vous êtes observateurs et curieux et vous avez sans aucun doute vu des vidéos qui vous montrent un voyage dans l'immensité de l'espace et vous permettent de passer les étoiles proches et de vous enfoncer de plus en plus profondément dans les nébuleuses et les nuages de poussières des constellations comme Orion... et cela de manière très réaliste.

**Comment pouvoir reconstituer la profondeur  
des immensités du cosmos ?**



En fait, c'est une équipe du Space Telescope Science Institute (STScI) à Baltimore, aux États-Unis qui a fait un travail spectaculaire autour d'une photo du télescope spatial Hubble : un cadeau supplémentaire annexé à la photo anniversaire des 30 années de service de cet observatoire spatial. L'image est une **visualisation scientifique 3D** qui offre la sensation incroyable de flotter dans l'espace pour admirer ce que Hubble a vu précisément.

Alors que l'image provient de la caméra principale de Hubble, sa représentation 3D est le produit de plusieurs semaines de travail d'une équipe de spécialistes de la visualisation au Space Telescope Science Institute, et les ressources demandées ne sont peut-être pas encore à la portée de n'importe qui. L'équipe est dirigée par Greg Bacon, et le Dr Frank Summers a transformé de nombreuses images parmi les plus impressionnantes de Hubble en visualisations 3D : de la spectaculaire nébuleuse d'Orion à la fabuleuse galaxie Whirlpool et à la nébuleuse éthérée de la tête de cheval.

Une nébuleuse est un nuage géant de poussière et de gaz dans l'espace. Certaines nébuleuses sont issues du gaz et

de la poussière projetés lorsqu'une étoile mourante explose de manière cataclysmique, mais d'autres sont des régions où de nouvelles étoiles commencent à se former.

« *Il y a plusieurs raisons importantes pour lesquelles nous faisons ces visualisations : elles donnent vie aux images Hubble, elles présentent la structure 3D des objets astronomiques, et elles sont visuellement convaincantes avec un attrait largement répandu bien au-delà du public attentif aux sciences* », explique l'astronome Frank Summers. Son espoir est que le public ne s'émerveille pas seulement des splendeurs du cosmos, mais développe également, de manière intuitive, un modèle mental plus scientifique de l'Univers.

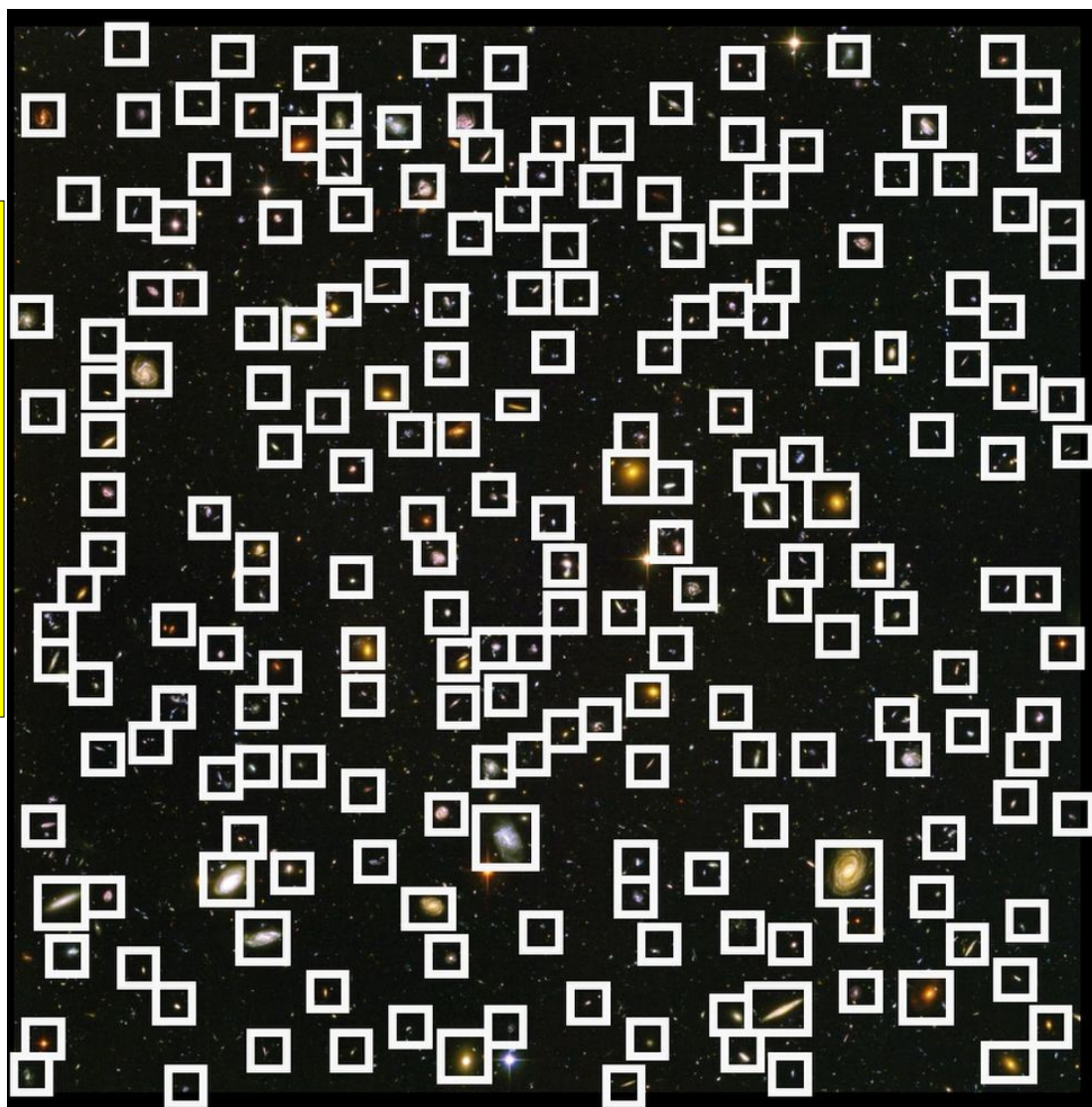
L'une des visualisations les plus époustouflantes emmène le spectateur dans un voyage remarquable, survolant l'Univers pour assister à près de 13 milliards d'années d'évolution cosmique. Aussi incroyable que cela puisse paraître, toutes les centaines et milliers de galaxies que l'on voit dans ce voyage virtuel proviennent d'une seule image prise par Hubble qui s'appelle le « Hubble Ultra Deep Field ».

Cet image (partielle) du ciel profond qu'on appelle :

« **Hubble Ultra Deep Field** »

a été créée lorsque Hubble a regardé une petite partie de ciel pendant plus de 11 jours pour voir certaines des galaxies les plus éloignées jamais observées.

5 333 galaxies de l'image de Hubble ont été sélectionnées et leurs distances ont été calculées par la méthode du redshift (décalage vers le rouge de raies spectrales bien connues).

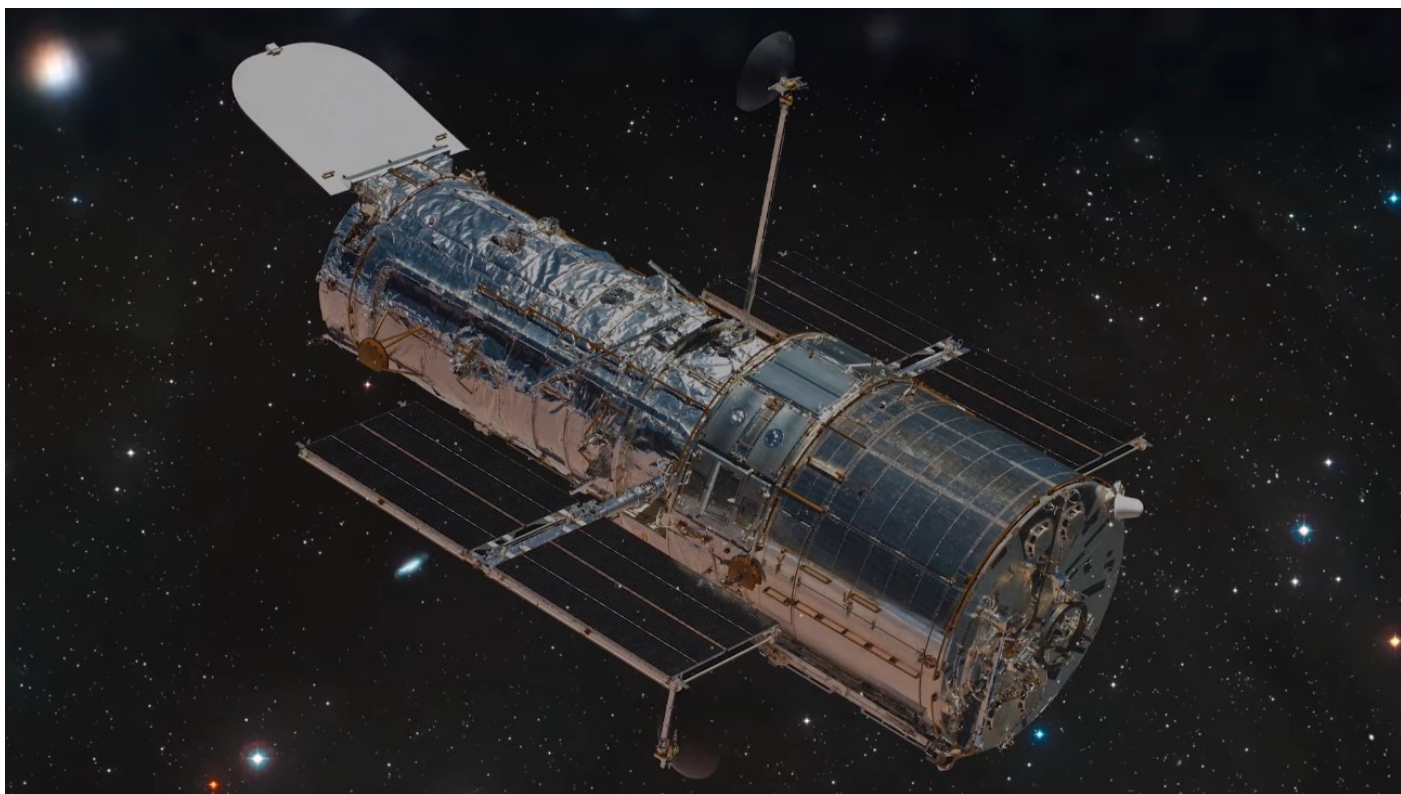


Pour effectuer la visualisation, l'équipe a découpé 5 333 galaxies de l'image de Hubble, puis extrapolé la distance de chaque galaxie (en utilisant des mesures de "redshift") et les a soigneusement placées une par une dans un espace 3D virtuel. L'échelle de distance a été compressée d'un facteur de quelques centaines pour rendre le survol possible. Mais à part cela, c'est une représentation 3D authentique de l'image de Hubble.

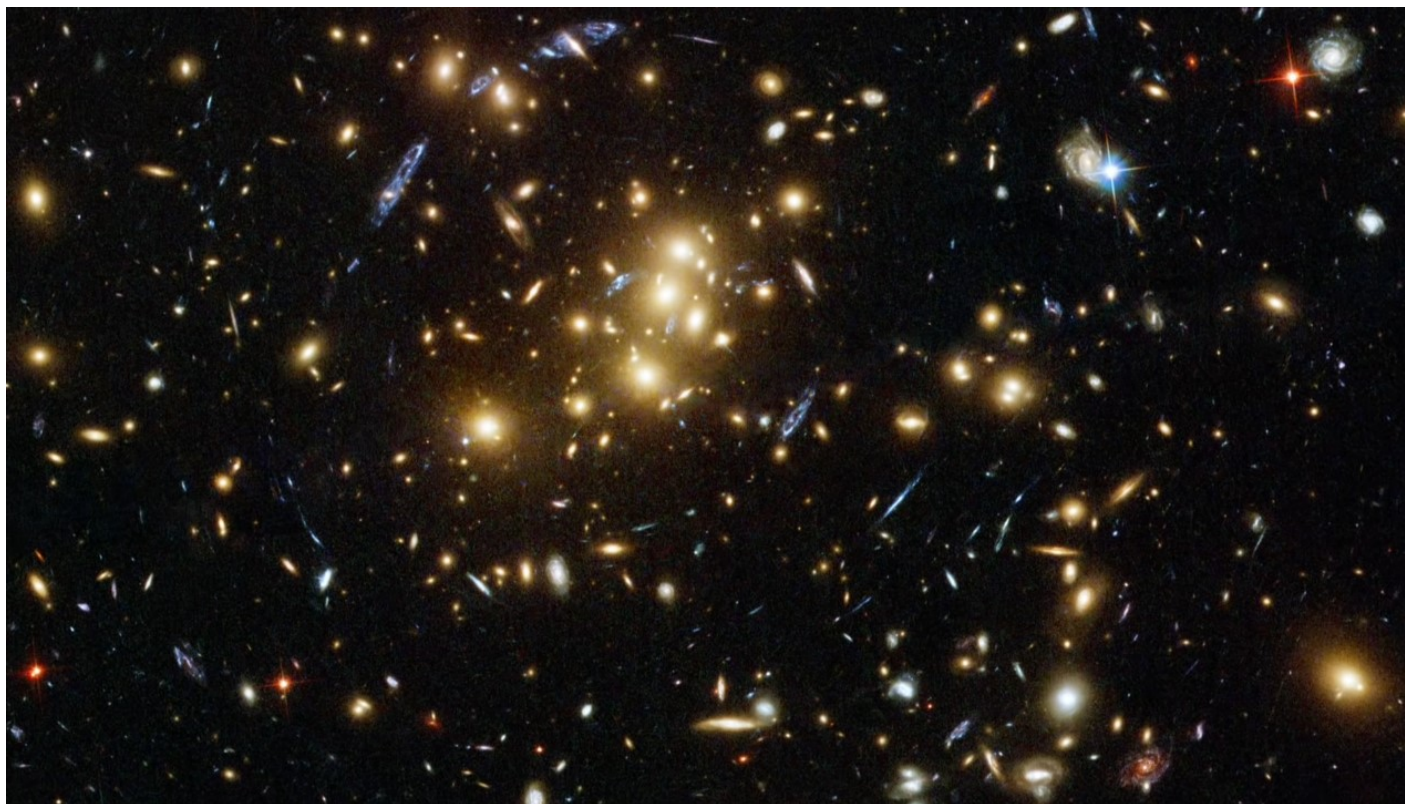
Selon le Dr Frank Summers : « la puissance croissante des ordinateurs, et des logiciels graphiques pour la

*réalisation des films animés à long métrage, ou les effets spéciaux des fictions grand public, a contribué à alimenter nos capacités de visualisations astronomiques.*

*Nous pouvons désormais gérer des images et des ensembles de données beaucoup plus grands, et rendre des scènes complexes en haute résolution, ce qui aurait été impossible auparavant. De plus, nous pouvons profiter des investissements coûteux en logiciels réalisés pour la fiction et la fantaisie, et utiliser les parties appropriées de ces packages à des fins scientifiques ».*



L'image initiale du télescope Hubble est retravaillée pour améliorer l'apparence dans cette plongée aux confins de l'Univers, mais aucune information n'est perdue concernant la taille et le nombre des objets présents...



Chaque visualisation du télescope Hubble apporte un ensemble unique de défis. Un bon exemple est la *visualisation scientifique 3D* de l'image sans doute la plus emblématique de Hubble, et l'une des grandes et magnifiques merveilles célestes de la Voie Lactée :

## Les piliers de la Création

Des spécialistes de la visualisation à l'Observatoire européen austral (ESO) emmènent le spectateur dans un voyage exaltant : voler sur 100 années lumière dans un nuage géant de poussière et de gaz appelé la nébuleuse de l'Aigle. En atteignant les piliers de la création, la vue passe à l'infrarouge, révélant des étoiles embryonnaires dans les colonnes de gaz. Hubble a récemment observé les piliers (en 2014) en lumière visible et infrarouge. Pour montrer le paysage de la nébuleuse environnante, les spécialistes de la visualisation Luís Calçada et Martin Kornmesser ont choisi de compléter les images de Hubble avec d'autres observations : celles de l'Observatoire La Silla de l'ESO au Chili, et celles du Digitized Sky Survey [Le DSS est une version digitalisée de nombreuses photographies astronomiques du



Observatoire de La Silla vu depuis le télescope de 3,6 m de l'ESO (European Southern Observatory). Cet observatoire se trouve à 600 km au nord de Santiago.

NB : le VLT est situé encore plus au nord du Chili dans le Cerro Paranal.



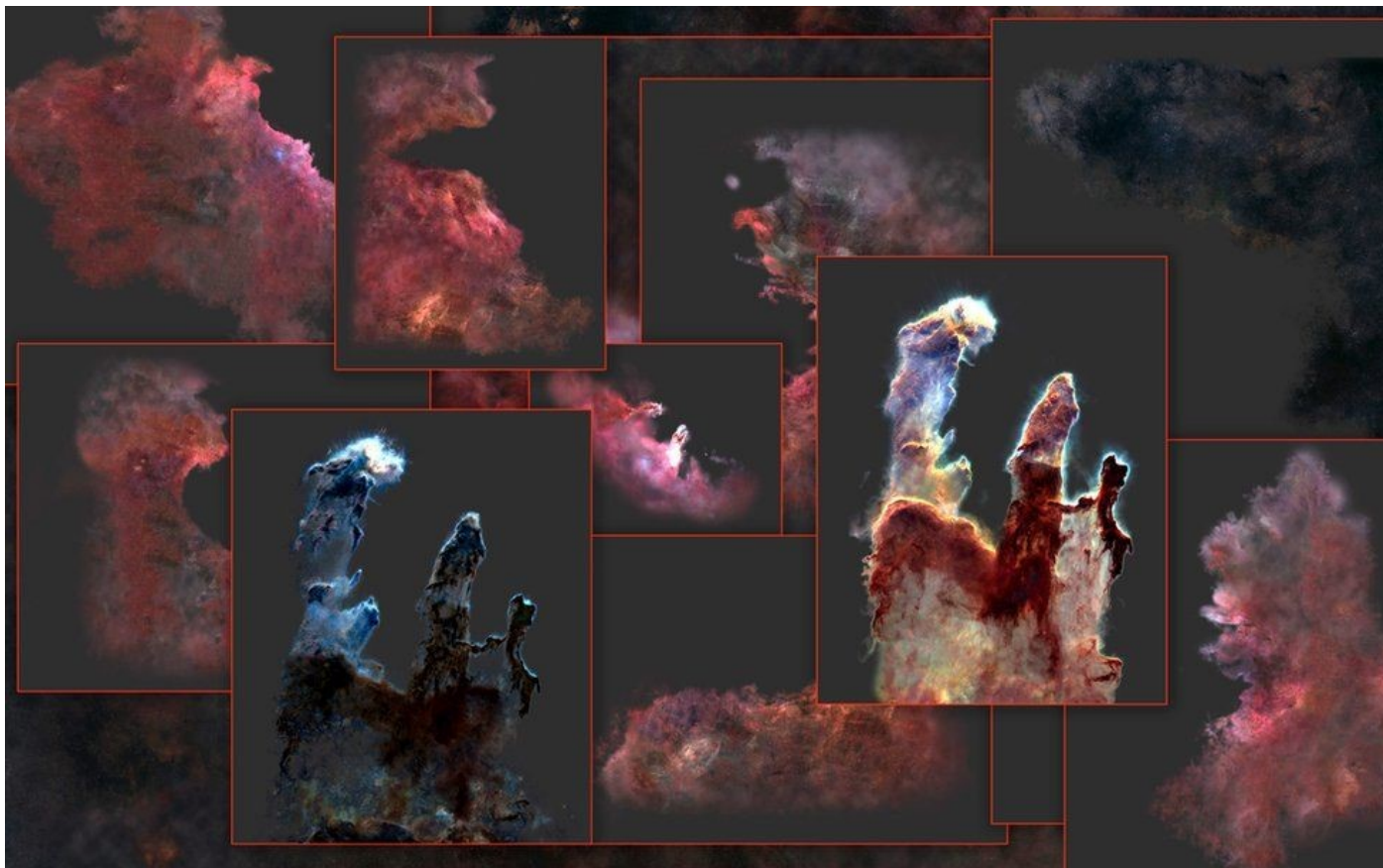
ciel produites par le Space Telescope Science Institute entre 1983 et 2006].

Le premier travail de création de la visualisation a été de construire une représentation 3D de la nébuleuse de l'Aigle. Pour ce faire, l'équipe a d'abord retiré les étoiles des images, puis extrait les nombreuses formes et couches de la nébuleuse, avant de réassembler ces "découps" dans l'espace 3D. Cela ressemble à la mise en place des décors sur une scène de théâtre, sauf que cette scène s'étend sur 100 années-lumière !

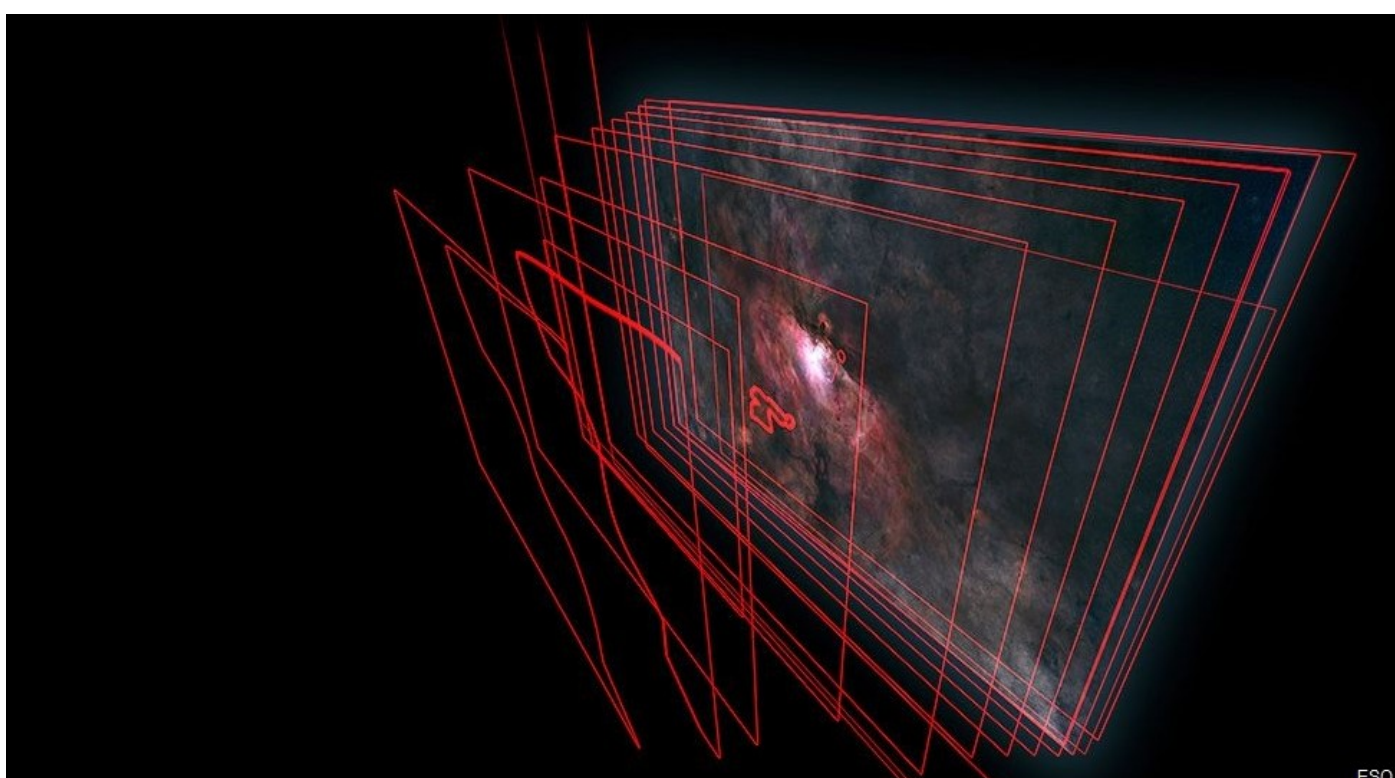
« Il s'agit d'un processus très intuitif, qui détermine visuellement quelles couches de gaz sont au premier plan, lesquelles sont à l'arrière-plan, comment elles interagissent avec la lumière des étoiles en son cœur », explique Luís Calçada.



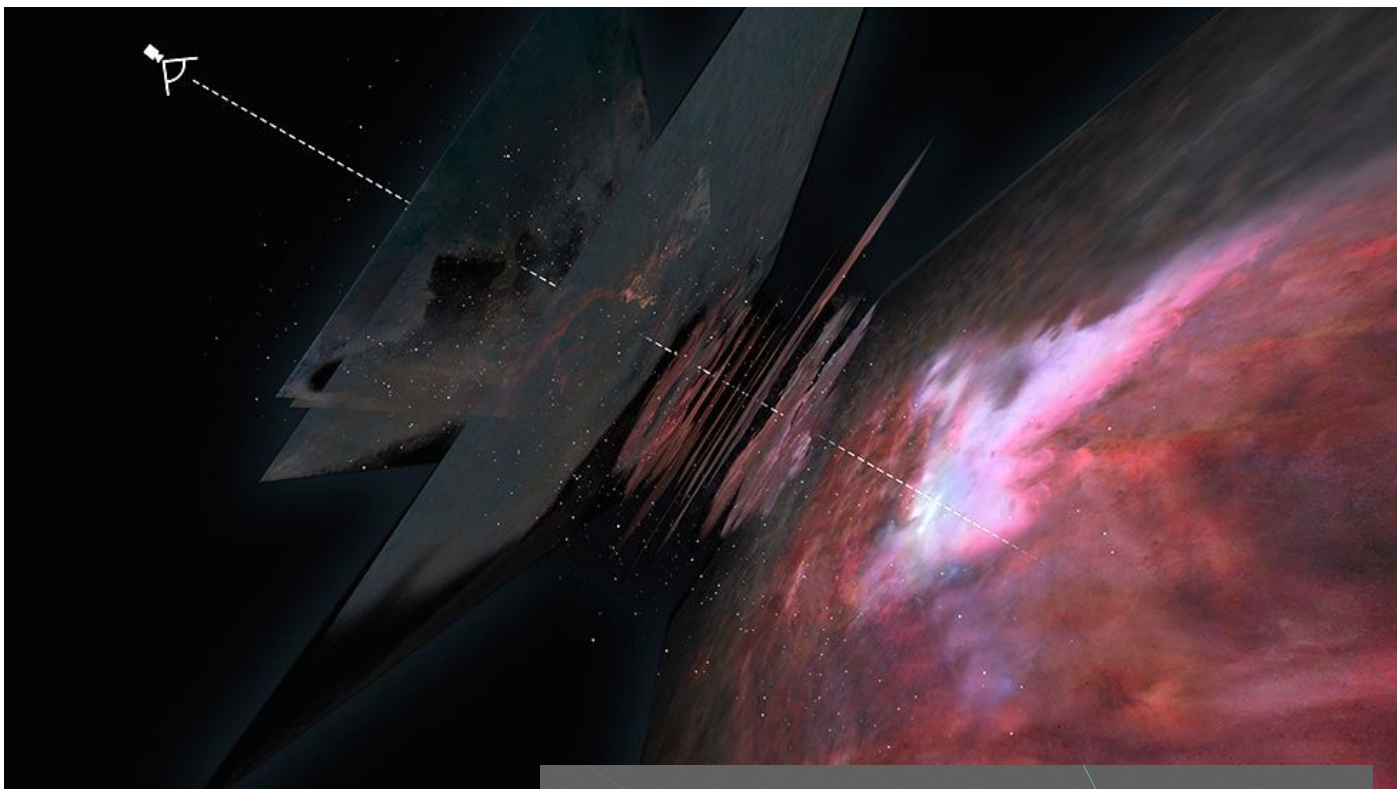
L'équipe a extrait les formes et les couches des images du télescope Hubble :



Puis elles sont assemblées dans un espace 3D :



Pour rajouter les étoiles manquantes, l'équipe a utilisé les données de la sonde spatiale "Gaia" de l'ESA. Celle-ci a cartographié la position 3D, la luminosité et la couleur de plus d'un milliard d'étoiles dans la Voie Lactée. Cela leur a permis de recréer avec précision environ 4 000 «étoiles synthétiques» en 1 000 années-lumière de chaque côté de la nébuleuse.

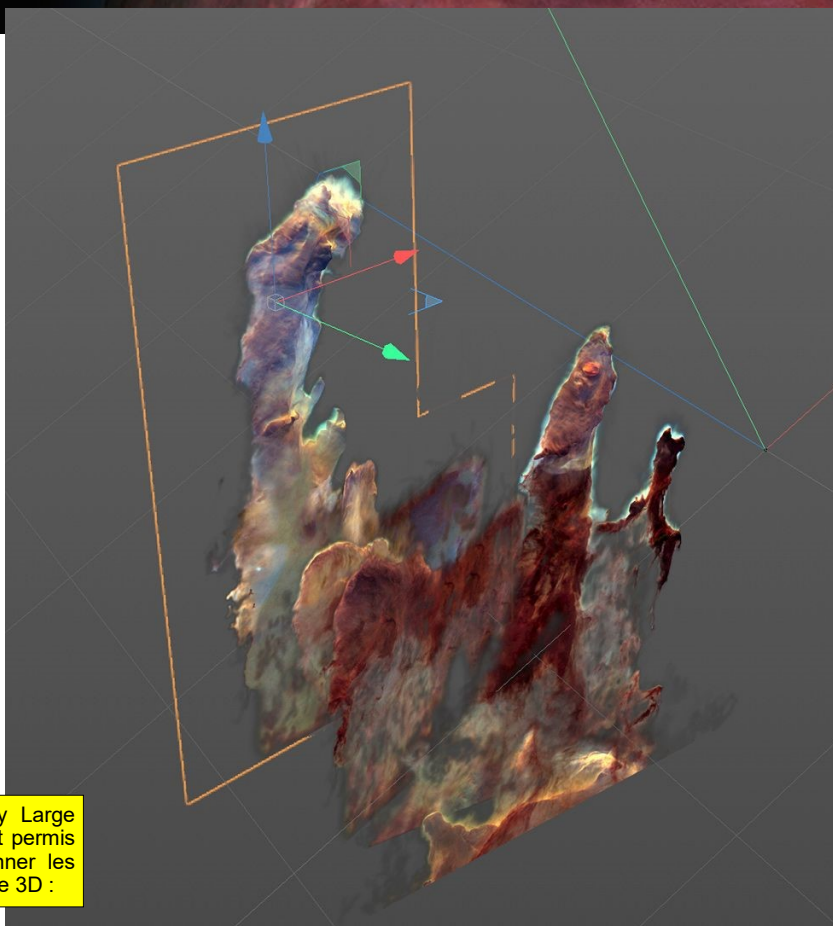


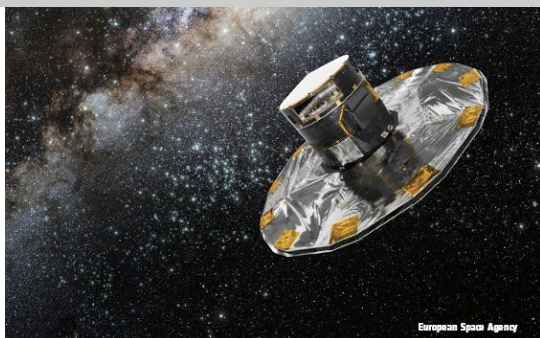
Après avoir reconstruit la nébuleuse, il s'agissait d'y placer la représentation 3D des piliers, une tâche pas si simple que ça...

Le plus haut pilier se tient en fait derrière les deux autres piliers et chacun est à un angle particulier.

L'équipe a utilisé les données du Very Large Telescope au Chili pour positionner et orienter avec précision les piliers dans l'espace 3D. Ils ont ensuite "sculpté" un modèle 3D des piliers, et cartographié les belles images de Hubble.

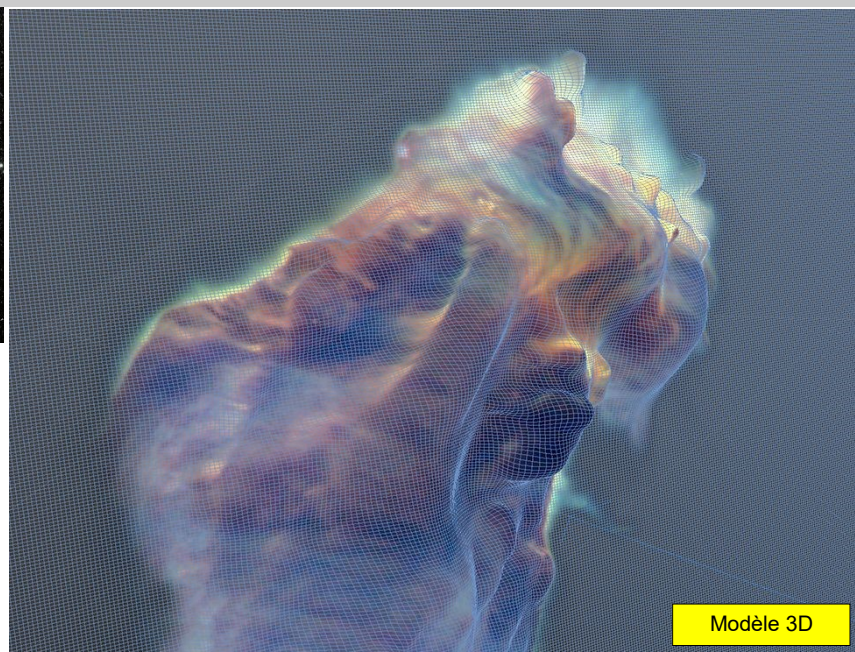
Les données du Very Large Telescope au Chili ont permis à l'équipe de positionner les piliers 2D dans l'espace 3D :





**La sonde Gaia** (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) a été lancée le 19 décembre 2013 à bord d'une fusée Soyouz du port spatial guyanais de Kourou. Sa mission était initialement prévue sur 5 ans mais l'ESA avait approuvé une extension jusqu'en 2020. Le centre de contrôle de la mission est à Darmstadt en Allemagne.

Le second catalogue de Gaia concerne 1 milliard d'étoiles de notre galaxie (sur ses 100 milliards d'étoiles...), avec leurs positions, déplacements, luminosités et couleurs. Gaia a aussi observé des objets proches et lointains du Système Solaire et aussi des sources extragalactiques comme les quasars, découvert des exo planètes, et réalisé certains tests de la relativité générale d'Einstein.



Modèle 3D

La dernière tâche consistait à sculpter un modèle 3D des piliers et à cartographier les images de Hubble.

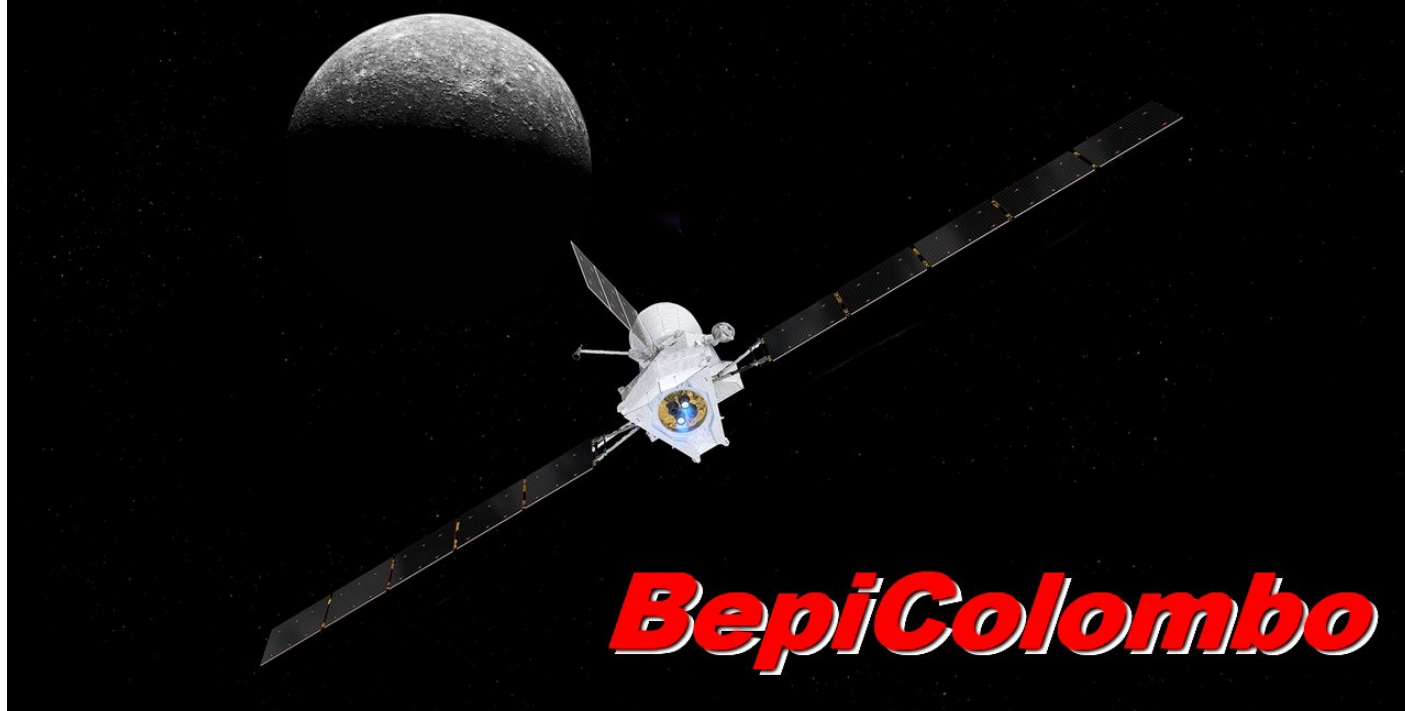
Selon Luís Calçada:

*« transmettre une sensation correcte de l'échelle de la nébuleuse était peut-être le défi le plus difficile. Le traitement, l'importation et l'alignement des étoiles du catalogue Gaia sur notre nébuleuse 3D reconstruite était également une tâche assez difficile, car nous voulions rendre l'esthétique de la nébuleuse agréable, mais aussi réaliste ».*



Extraits du film de ce voyage vers les piliers de la Création

## Destination Mercure



Voilà une aventure européenne (et aussi japonaise) qui n'a pas trop fait parler d'elle dans nos médias. ESA rime avec NASA mais pas du côté communication... Cette mission européenne vers la première planète du Système Solaire est aussi une première de ce côté de l'Atlantique. La dernière en date, américaine, s'est terminée en 2015 avec Messenger qui nous a transmis de belles photos et vidéos de la surface d'une planète grillée par le Soleil.

La mission **BepiColombo** a été lancée en octobre 2018 par une fusée Ariane 5 de la base de Kourou. En fait, cette mission est composée de deux sondes, une européenne MPO (European Mercury Planetary Orbiter) et l'autre MMO (Japanese Mercury Magnetospheric Orbiter) qui est japonaise

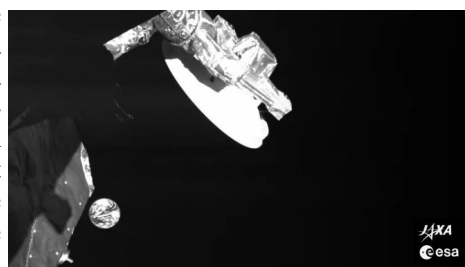


**Elsa Montagnon**, Directrice des Opérations de la mission BepiColombo :

« cela serait bien de prendre un vol direct de transfert mais ça ne marche pas pour ce genre de mission »

agence spatiale JAXA). Ces deux sondes empilées, les orbiteurs, ont rejoint un troisième module qui les transportera jusqu'à Mercure, au cours d'un vol qui durera sept ans, en combinant un système de propulsion héliovoltaïque et neuf manœuvres d'assistance gravitationnelle autour de la Terre, de Vénus et de Mercure. C'est donc un assez long voyage vers Mercure... long car on ne va pas là-bas directement sinon on s'écrase, ou on loupe la cible sans pouvoir se mettre en orbite autour.

La vitesse du vaisseau spatial doit être bien contrôlée, et l'inclinaison de la trajectoire doit permettre de « coller » au plan orbital de la planète Mercure qui diffère de 6 degrés de celui de la Terre. Aussi ne va-t-on pas directement dans le four à pizza : le vaisseau spatial va faire quelques révolutions dans notre Système Solaire intérieur pour modérer sa « chute » vers Mercure et « attraper » la cible. Depuis 2018, la mission a fait déjà un grand tour et demi autour du Soleil en parcourant environ 1,4 milliard de km, et le vaisseau spatial a survolé la Terre il y a peu en envoyant cette photo prise le 9 avril 2020 : la petite boule en bas à gauche, c'est là où nous habitons... Le fond du ciel est noir et le contraste élevé ne permet pas de voir des étoiles.

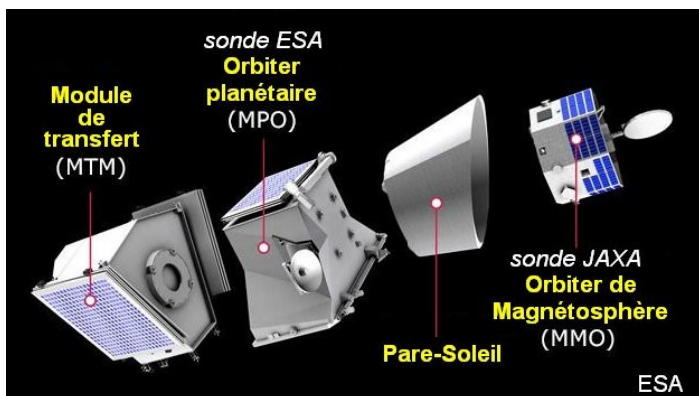


Avant d'arriver à bon port, à savoir la planète Mercure, Bepi devra compléter 18 boucles et couvrir plus de 8,5 milliards de km. Les scientifiques ont donc allumé quelques instruments à l'occasion du survol de notre



chère Terre, histoire de voir si tout marchait bien, et de les calibrer. Mais l'empilement des sondes a fait que la caméra principale de MPO ne pouvait pas marcher à cause de sa position et ce sont quelques caméras d'inspection sur le côté de Bepi qui ont gravé ces images en noir & blanc de notre planète bleue. Comme la mission New Horizons, relatée dans le journal n° 90, des opérations de maintenance sont prévues régulièrement durant le voyage : un contrôle complet des systèmes et des instruments tous les 6 mois, et un contact radio par semaine.

BepiColombo va décoller sur une Ariane 5 depuis le port spatial européen de Kourou à 01:45:28 T.U. le 20 octobre

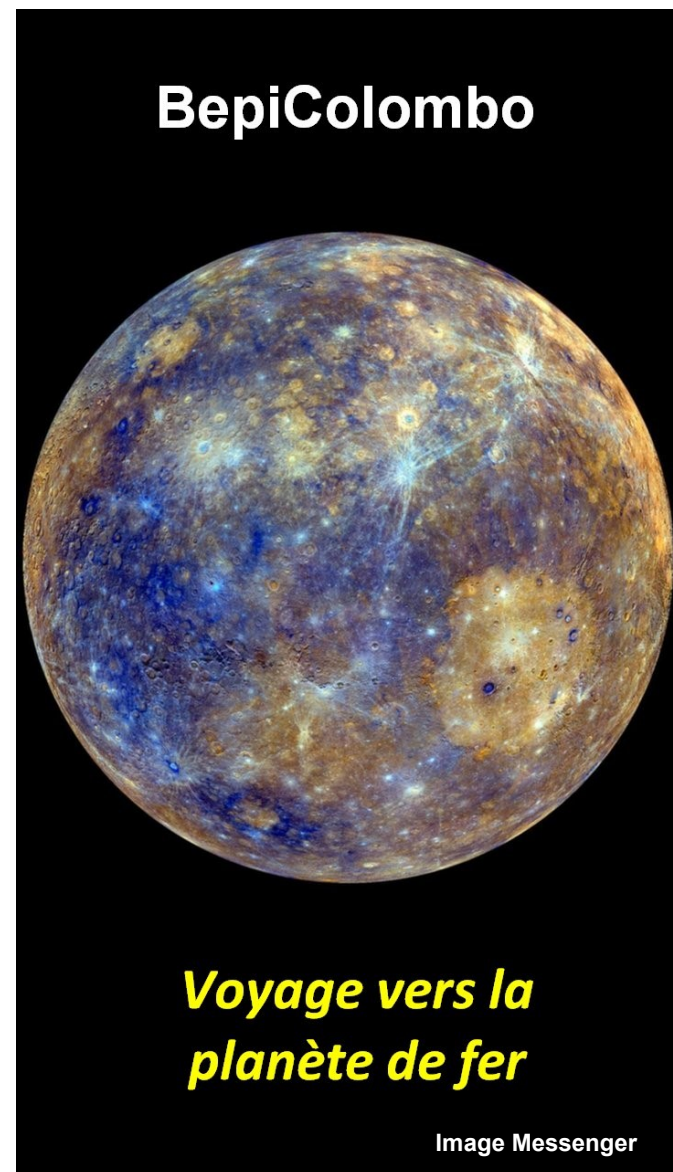


**BepiColombo** : deux sondes, européenne et japonaise, assemblées en pile avec un module de transfert (propulseur / énergie électrique).  
 Le photo d'artiste ci-dessous montre le vaisseau spatial survolant la terre (à environ 12 700 km en avril 2020) :



**BepiColombo** dans la salle de préparation avant son envol vers la petite planète Mercure.  
**Mercure** a un diamètre de 4 880 km ; sa température de surface varie entre -180 °c et 450 °c ; 1 jour sur Mercure = 58 jours terrestres.  
 Mercure tourne autour du Soleil en 88 jours terrestres.

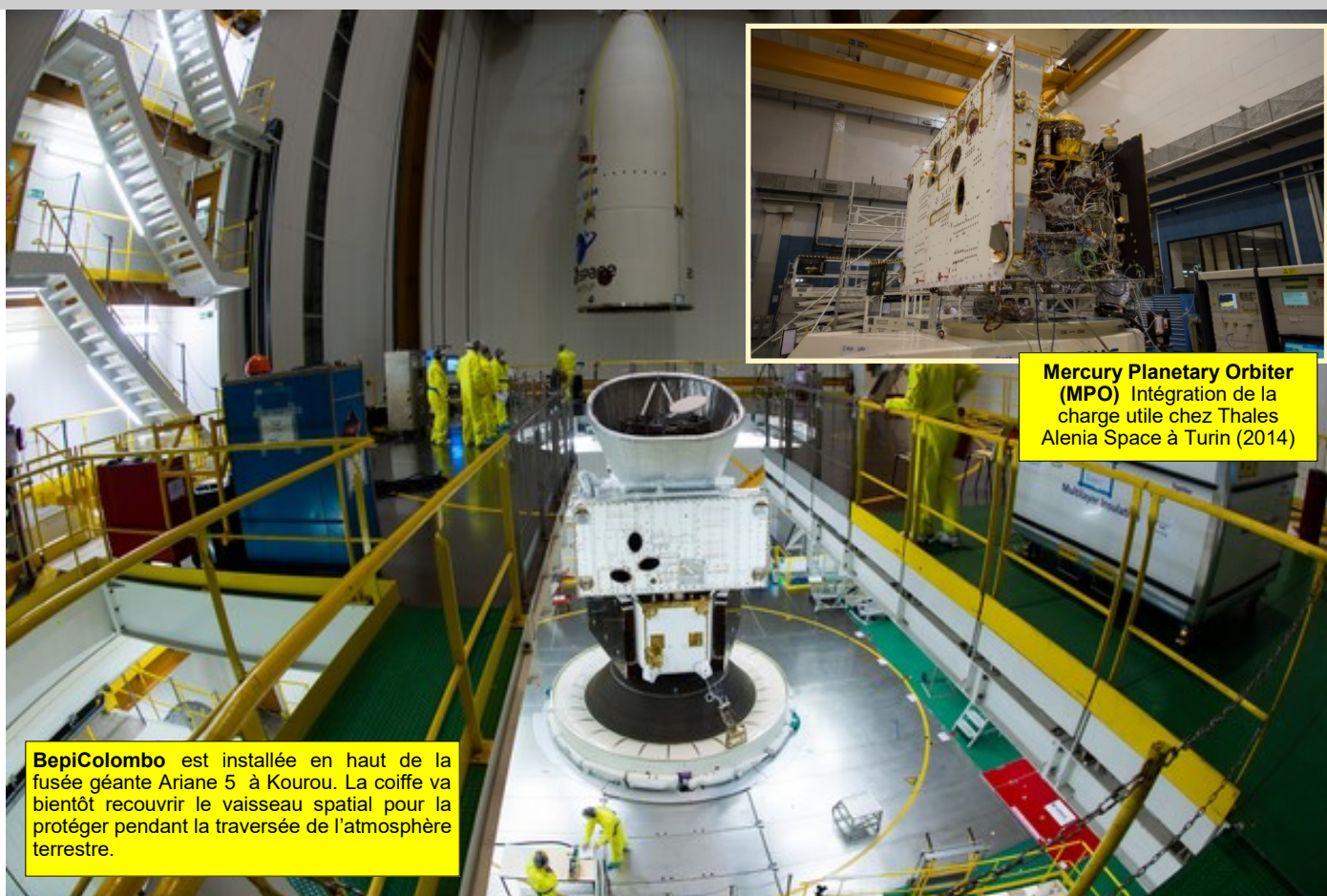
2018 dans le cadre d'une mission ESA-JAXA passionnante pour étudier les mystères de la planète la plus profonde du système solaire, et donc la plus proche du Soleil.



# BepiColombo

**Voyage vers la planète de fer**

Image Messenger



**BepiColombo** est installée en haut de la fusée géante Ariane 5 à Kourou. La coiffe va bientôt recouvrir le vaisseau spatial pour la protéger pendant la traversée de l'atmosphère terrestre.

**Mercury Planetary Orbiter (MPO)** Intégration de la charge utile chez Thales Alenia Space à Turin (2014)

« Le lancement de BepiColombo est une étape importante pour l'ESA et la JAXA, et de nombreux succès seront à venir », a déclaré Jan Wörner, directeur général de l'ESA. « Au-delà de l'achèvement de ce voyage difficile, cette mission rapportera une énorme richesse scientifique. C'est grâce à la collaboration internationale et aux décennies d'efforts et d'expertise de toutes les personnes impliquées dans la conception et la construction de cette machine incroyable, que nous sommes maintenant sur la voie pour enquêter sur les mystères de la planète Mercure ».

« Félicitations pour le lancement réussi d'Ariane 5 transportant BepiColombo, mission d'exploration conjointe vers Mercure ESA-JAXA », a déclaré Hiroshi Yamakawa, président de la JAXA. « Je voudrais exprimer ma gratitude pour l'excellente réalisation des opérations de lancement. La JAXA attend beaucoup des observations détaillées de la surface et de l'intérieur de Mercure pour nous aider à mieux comprendre l'environnement de la planète et, finalement, l'origine du Système Solaire, y compris celui de la Terre ».

BepiColombo comprend deux orbiteurs scientifiques: l'orbiteur planétaire (MPO) de l'ESA et l'orbiteur magnétosphérique (MMO ou «Mio») de la JAXA. Le module de transfert de mercure (MTM) construit par l'ESA transportera les orbiteurs vers Mercure en utilisant une

combinaison de propulsion électrique solaire et de survols assistés par gravité, avec un survol de la Terre, deux de Vénus et six de Mercure, avant d'entrer en orbite de Mercure à la fin 2025. « Il nous reste un long et passionnant chemin à parcourir avant que BepiColombo ne commence à collecter des données pour la communauté scientifique », explique

Günther Hasinger, directeur scientifique de l'ESA. « Des efforts comme la mission Rosetta et leurs découvertes révolutionnaires, même des années après leur achèvement, nous ont déjà montré que les missions d'exploration scientifique complexes valent bien l'attente ». Les deux orbiteurs scientifiques pourront également utiliser certains de leurs instruments pendant la phase de croisière, offrant des opportunités uniques de collecter des données scientifiquement précieuses de Vénus. De plus, certains des instruments conçus pour étudier Mercure d'une manière particulière peuvent être utilisés d'une façon complètement différente pour Vénus, qui a une atmosphère épaisse par rapport à la



Le vaisseau spatial va pouvoir aussi ralentir à l'aide de la poussée "délicate" d'un moteur électrique comme celui-ci. La force appliquée est équivalente à celle exercée par un canari battant des ailes, mais cela est suffisant.

surface non protégée de Mercure. « *BepiColombo est l'une des missions interplanétaires les plus complexes que nous ayons jamais effectuées* », explique Andrea Accomazzo, directeur de vol de l'ESA pour BepiColombo. « *Un des plus grands défis est l'énorme gravité du Soleil, ce qui rend difficile de placer un vaisseau spatial sur une orbite stable autour de Mercure. Nous devons constamment freiner pour assurer une chute contrôlée vers le Soleil ; les propulseurs ioniques fournissent la faible poussée nécessaire sur de longues durées de la phase de croisière* ». Mais un autre défi est celui de surmonter la température aussi près de

notre étoile, le Soleil. Bon nombre des mécanismes des engins spatiaux et des revêtements extérieurs n'avaient pas été testés auparavant dans de telles conditions : de -180 °C à plus de 450 °C, plus chaud qu'un four à pizza. La conception globale des trois modules du vaisseau spatial reflète les conditions intenses auxquelles ils seront confrontés. Les grands panneaux solaires du module de transfert doivent être inclinés à angle droit pour éviter les dommages dus aux rayonnements, tout en fournissant suffisamment d'énergie au vaisseau spatial. Sur le MPO, le large radiateur permet au vaisseau spatial d'éliminer efficacement la chaleur de ses sous-systèmes, ainsi que réfléchir la chaleur et survoler la planète à des altitudes plus basses que jamais auparavant. La sonde MMO (JAXA) à huit faces tournera 15 fois par minute pour répartir uniformément la chaleur du soleil sur ses panneaux solaires afin d'éviter

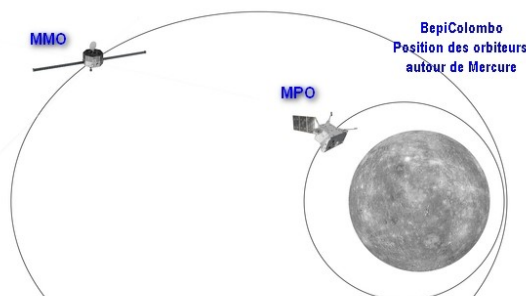


Les sondes doivent être traitées avec soin...

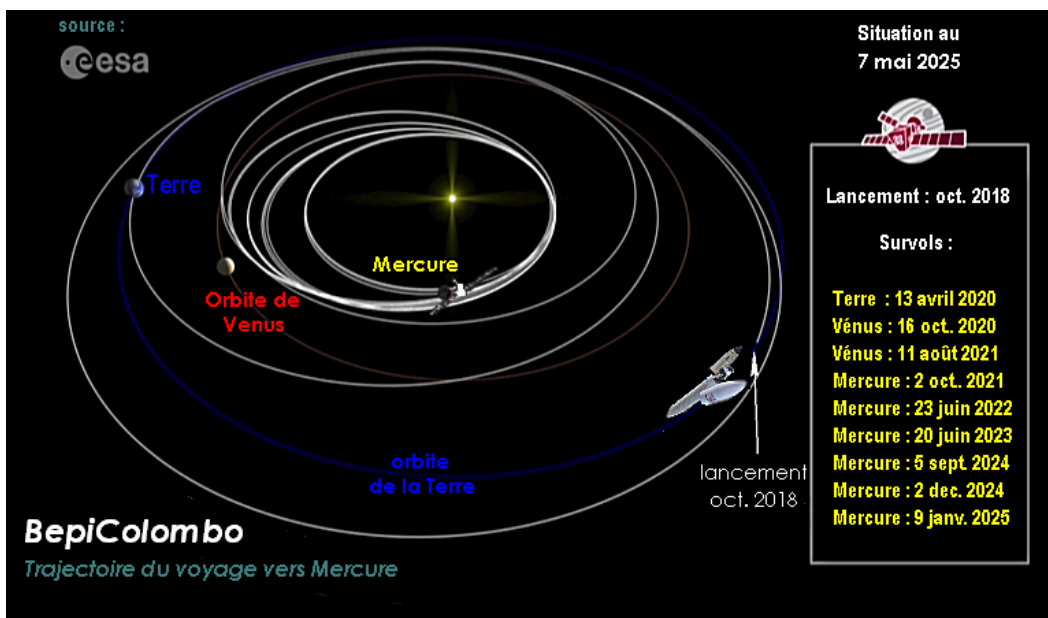
Il fait très chaud près de Mercure, aussi l'isolation est mise en place avec méthode : elle est même cousue à la main.

Quelques mois avant d'arriver à Mercure, le module de transfert sera largué, laissant les deux orbiteurs scientifiques - toujours connectés l'un à l'autre - être capturés par la gravité de Mercure. Leur altitude sera ajustée à l'aide des propulseurs MPO jusqu'à ce que l'orbite polaire elliptique souhaitée du MMO soit atteinte. Ensuite, MPO se séparera et descendra sur sa propre orbite à l'aide de ses propulseurs. Ensemble, les orbiteurs feront des mesures qui révéleront la structure interne de la planète, la nature de la surface et l'évolution des caractéristiques géologiques (y compris la glace dans les cratères ombragés de la planète) et l'interaction entre la planète et le vent solaire.

Un aspect unique de cette mission est d'avoir deux vaisseaux spatiaux surveillant la planète à partir de deux endroits différents en même temps et c'est vraiment la clé pour comprendre les processus liés à l'impact du vent solaire sur la surface de Mercure et son environnement magnétique. BepiColombo s'appuiera sur les découvertes et les questions soulevées par la mission Messenger de la NASA pour fournir une meilleure compréhension de l'évolution de Mercure et du système solaire, qui à son tour sera essentielle pour comprendre comment les exoplanètes en orbite près de leurs étoiles se forment et évoluent, elles aussi. Rendez-vous en 2025... pour la suite.



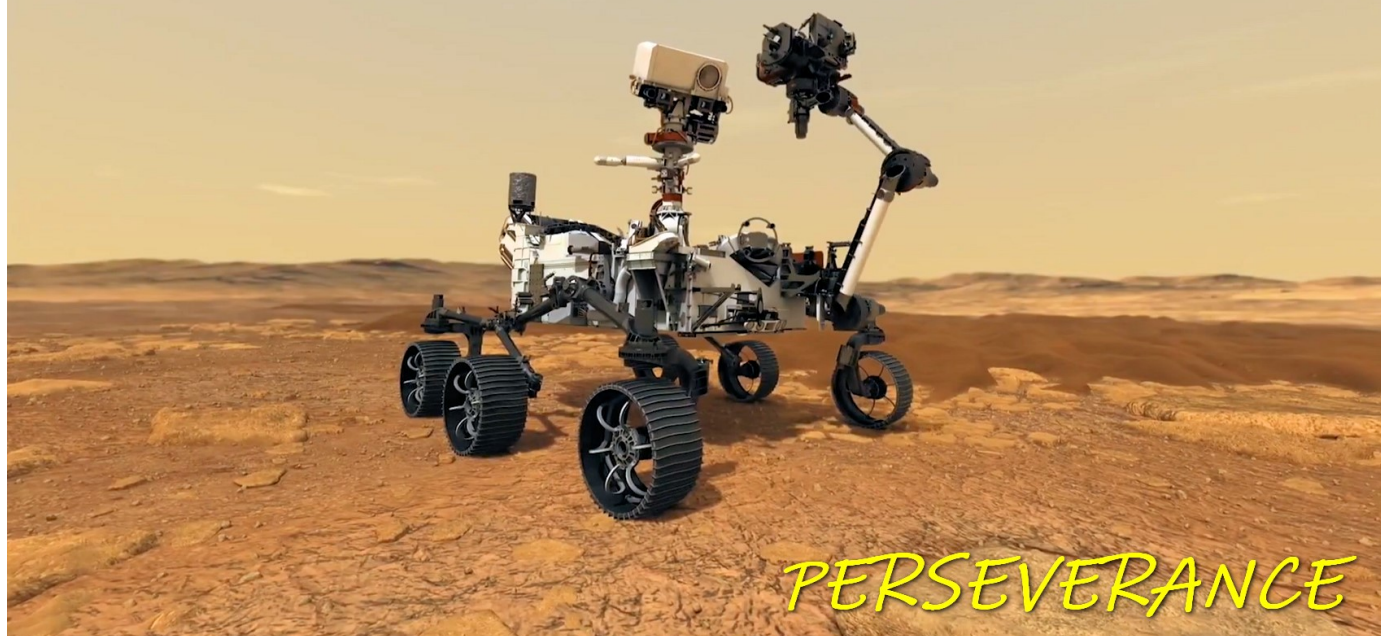
Le Mercury Planetary Orbiter (MPO - ESA) va travailler sur une orbite elliptique de 2,3 heures à une altitude variant entre 480 et 1 500 km au dessus de la surface, tandis que le Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO - JAXA) tournera en 9,3 heures autour de la planète entre 690 et 11 600 km.



## BepiColombo Trajectoire de vol calculée pour le vaisseau spatial

L'orbite va se resserrer autour de Mercure après son premier survol en octobre 2021.

## Mission Mars 2020



Alors que l'Europe a décidé de retarder l'envoi du robot Rosalind Franklin de la mission Exomars jusqu'en 2022, la NASA, avec la mission Mars 2020, réitère une opération robotique d'une ampleur similaire à celle de Curiosity qui avait atterri sur la planète rouge en août 2012. Le robot a été baptisé Perseverance par un sondage dans le grand public et doit s'envoler cet été vers Mars, et malgré les contraintes liées au Covid-19, tout semble bien parti pour un nouvel exploit du JPL (Jet Propulsion Laboratory).

Atterrir sur Mars est devenu une affaire de routine pour les ingénieurs de la NASA, mais les récents déboires de l'Europe avec l'arrivée un peu brutale de la sonde Schiaparelli sur le sol rouge de Mars nous montre que ce n'est pas si simple ; d'ailleurs, l'ESA a demandé de l'aide aux Américains (une des raisons du report) pour réaliser le parachute de la sonde Exomars. Même dans une atmosphère ténue, on ne ralentit pas un engin spatial qui déboule à une vitesse plus que supersonique sans un matériel résistant, et techniquement éprouvé.

Le site qui a été retenu pour l'atterrissage de Perseverance est le cratère Jezero (rappelez-vous, Curiosity est arrivé dans le cratère Gale) ; le cratère Jezero avait été rejeté pour Curiosity car le site était considéré à l'époque comme trop dangereux car le terrain était vraiment trop accidenté, mais maintenant les ingénieurs savent qu'ils ont la possibilité d'atterrir sur ces endroits interdits auparavant. Vu de l'espace (Mars est bien cartographié maintenant avec les sondes qui orbitent autour), le site ressemble à un delta, l'embouchure d'un fleuve. Les scientifiques pensent que Mars était habitable il y a environ quatre milliards d'années. La question n'est pas seulement « où était la vie » mais aussi « où pourrait-elle être préservée pendant quatre milliards d'années supplémentaires pour la retrouver plus tard ? ».

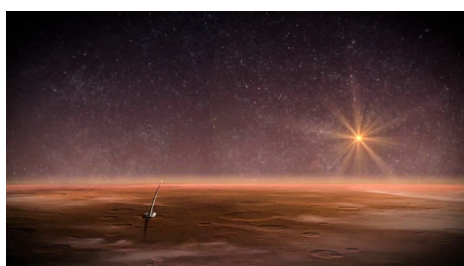


Le 4 octobre 2017, premier test du parachute de la mission Mars 2020 à partir d'une fusée lancée de la base Wallops en Virginie. Le parachute s'ouvre complètement alors que la vitesse de la charge utile est encore de 1,8 fois celle du son, et génère une force de trainée de plus de 15 000 kgf.

La mission Mars 2020, avec son rover Perseverance, fait partie du programme d'exploration de Mars par la NASA : un effort à long terme d'exploration robotique de la planète rouge. La mission Mars 2020 répond à des objectifs scientifiques hautement prioritaires pour l'exploration de Mars, y compris des questions clés d'astrobiologie sur le potentiel de vie sur Mars. La mission franchit donc une nouvelle étape en recherchant non seulement des signes de conditions habitables sur Mars dans le passé ancien, mais également en recherchant des signes de la vie microbienne passée elle-même. Le rover Perseverance pourra utiliser un foret spécial pour recueillir des carottes des roches et des sols les plus prometteurs, et les mettre de côté dans une « cache » à la surface de Mars. Une future



Test des outils de Perseverance pour le prélèvement d'échantillons



Retour d'échantillons de Mars vers la Terre.

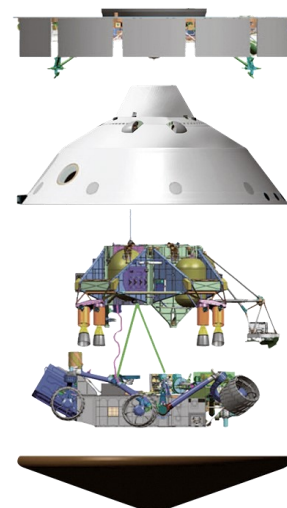
mission pourrait potentiellement ramener ces échantillons sur Terre. Cela autoriserait les scientifiques à étudier les échantillons dans des laboratoires avec un équipement plus performant mais toutefois trop grand pour être emporté sur Mars. La mission offre également des opportunités de rassembler des connaissances et de démontrer des technologies qui répondent aux défis des futures expéditions humaines vers Mars. Il s'agit notamment de tester une méthode de production d'oxygène à partir de l'atmosphère martienne, d'identifier d'autres ressources comme l'eau souterraine, d'améliorer les techniques d'atterrissage et de caractériser le temps, la poussière et d'autres conditions environnementales potentielles qui pourraient affecter les futurs astronautes vivant et travaillant sur Mars.

La mission Mars2020 est programmée pour une opportunité de lancement en juillet 2020 lorsque la Terre et Mars sont en bonne position l'une par rapport à l'autre pour atterrir sur Mars. Autrement dit, il faut moins de temps et d'énergie pour voyager vers Mars à ce moment là, par rapport à d'autres moments où la Terre et Mars sont dans des positions différentes sur leurs orbites. Pour maintenir les coûts et les risques de mission aussi bas que possible, la conception de Mars 2020 est basée sur une architecture qui a fait ses preuves : celle de la mission Mars Science Laboratory de la NASA (MSL), avec son rover Curiosity et son système d'atterrissage éprouvé.



Salle blanche d'assemblage où ingénieurs et techniciens du Jet Propulsion Laboratory de la NASA à Pasadena (Californie) construisent et testent le rover Perseverance avant son expédition sur le site de lancement au Kennedy Space Center, en Floride.

Le vaisseau spatial de la mission Mars2020 est constitué de plusieurs « étages » qui vont se séparer progressivement jusqu'à libérer le rover Perseverance sur le sol martien. L'étage de croisière, l'étage de descente, la coque aérodynamique et le rover forment ensemble l'engin spatial. Alors que le vaisseau spatial descend dans l'atmosphère martienne, certaines parties tombent une à une jusqu'à ce que le rover soit en sécurité sur un sol martien solide.



Mars2020 : le vaisseau de croisière avec ses différents ensembles, et ci-dessous, une vue réelle dans une chambre pour un test « chaud et froid ».



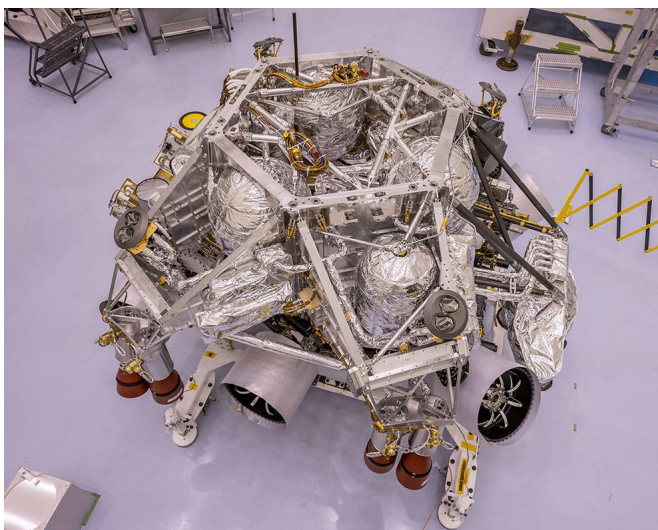


MSL



Mars 2020

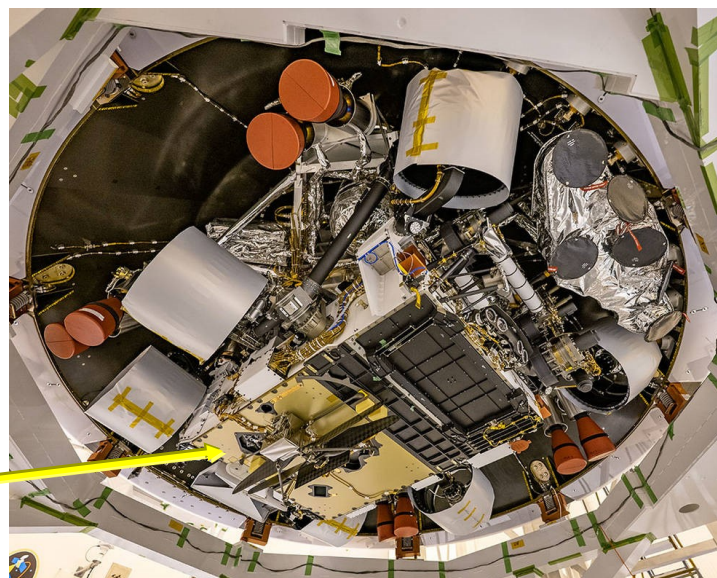
Curiosity, déjà sur Mars et son successeur **Perseverance** : un comparatif qui montre bien leurs liens de parenté...



L'étage de descente (vu en préparation à gauche) se sépare de l'étage de croisière à son arrivée et va livrer le rover en toute sécurité sur le sol martien.

L'étage de descente est au-dessus du rover **Perseverance**, dont on voit les roues protégées ; la photo de droite montre le rover replié sous l'étage de descente ainsi que l'hélicoptère léger baptisé **Ingenuity** qui a la particularité d'être associé à cette mission, une première !

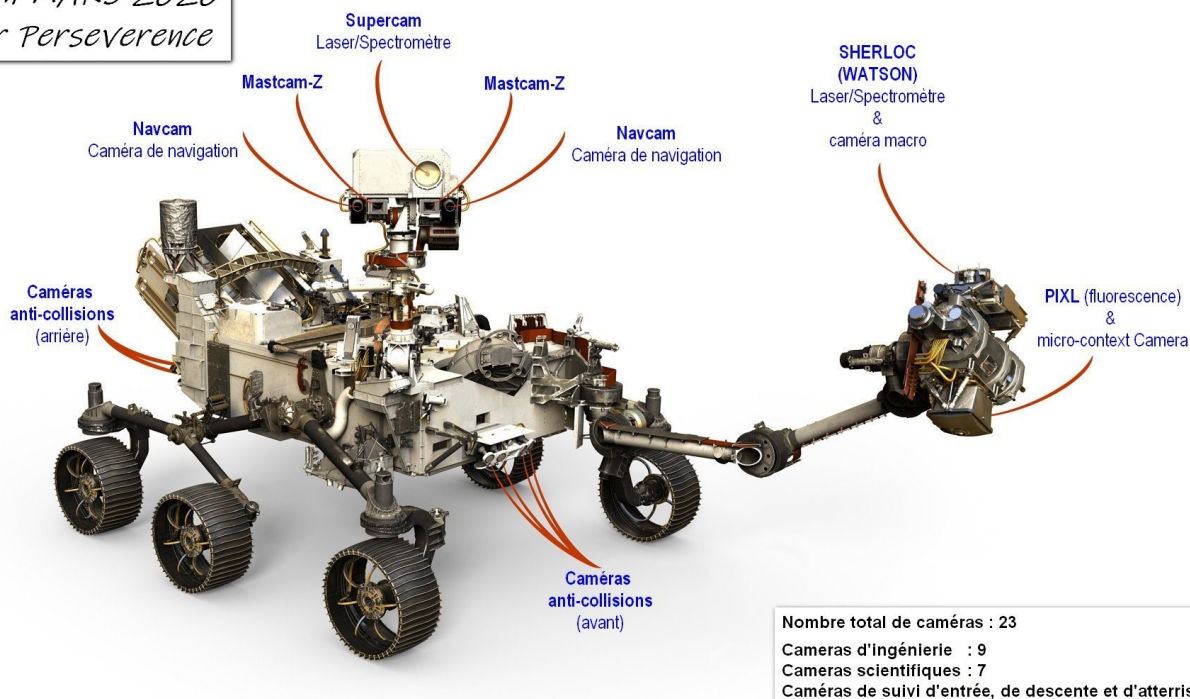
Ci-dessous, **Ingenuity** qui est alimenté par des panneaux solaires ; on le voit à droite, lové sous le rover.



## Mars 2020 - Les caméras du Rover Perseverance : les "yeux" et autres "sens" du rover

Le rover Perseverance a plusieurs caméras (appelées aussi imageurs) axées sur des tâches diverses d'ingénierie et de science : elles peuvent aider à atterrir sur Mars, tandis que d'autres servent d '«yeux» à la surface pour se déplacer ou sont utilisées pour faire des observations scientifiques et aider à la collecte d'échantillons.

Mission MARS 2020  
Rover Perseverance



Lorsque le rover Curiosity a atterri sur Mars, il a enregistré la descente et l'atterrissage avec son imageur Mars Descent ou caméra MARDI. La vue était extrêmement précieuse pour les ingénieurs ; cela les a aidés à comprendre ce qui se passe pendant l'une des parties les plus risquées de la mission. La caméra a filmé une vidéo en couleur du voyage de Curiosity à travers l'atmosphère jusqu'à la surface martienne en donnant à l'équipe scientifique et aux conducteurs de rover un aperçu du site d'atterrissage pour les aider à identifier avec précision le point d'atterrissage de Curiosity et ainsi planifier les premiers trajets du rover.

Pour le rover Mars 2020 Perseverance, les ingénieurs ont ajouté plusieurs caméras et un microphone pour enregistrer l'entrée, la descente et l'atterrissage de manière encore plus détaillée. Ils filmeront une vidéo en couleur de Mars 2020 tout au long de sa descente vers la surface martienne. Là aussi, ce que les caméras voient en descendant aidera les planificateurs de la mission à décider des premiers chemins à emprunter par le rover. Ces nouveaux yeux et oreilles de Perseverance sont assemblés à partir de matériel commercial facilement disponible. Les caméras et le microphone sont utilisés comme « charge utile discrétionnaire », ce qui signifie que c'est un module complémentaire facultatif qui sera un atout, mais n'est pas vraiment requis pour la mission.

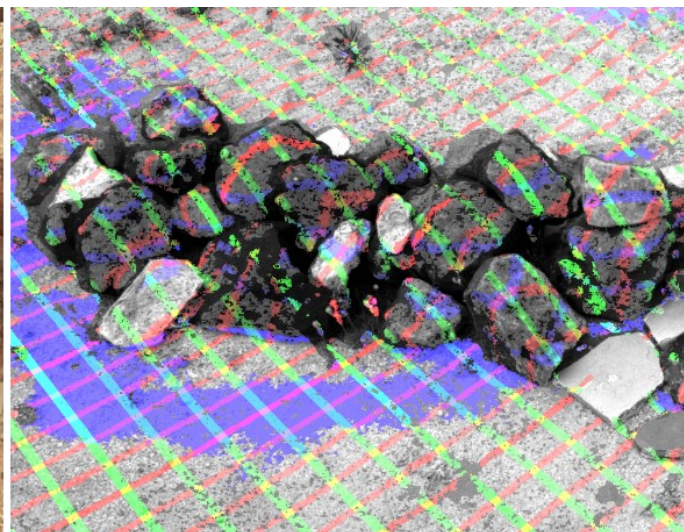
La suite de caméras d'entrée, de descente et d'atterrissage pour Mars 2020 comprend :

- Des caméras "up look" pour enregistrer l'inflation du parachute en regardant vers le haut.
- Une caméra "down look" pour voir en bas, et regarder le rover de dessus.
- Une caméra rover "up look" pour voir l'étage de descente en action lorsqu'il va poser le rover avec sa grue « sky crane » (photo de gauche).
- Une caméra rover "down look" pour voir le sol.

En plus de fournir des données techniques, ces caméras et le microphone peuvent être considérés comme une charge utile « grand public » : des équipements susceptibles de donner le frisson aux spectateurs lors de la descente à la surface de Mars. Des vidéos mémorables comme « Seven Minutes of Terror » qui décrivaient l'arrivée de MSL avaient largement fait usage d'animations, et non pas d'images réelles. Personne n'a vu un parachute s'ouvrir dans l'atmosphère martienne, ni comment le système d'atterrissage se comporte lorsque le rover approche de la surface. On attend de voir le rover encore attaché par des câbles à son étage de descente puis libéré, et celui-ci s'échappant au loin après le toucher du rover sur le sol. Que se passe-t-il lorsque le rover atterrit ? Quelle quantité de sable et de roche est soufflée dans l'atmosphère par les rétrofusées ? Comment réagissent les roues et les jambes lorsque le rover met enfin tout son poids sur Mars ? Mars 2020 donnera à tous une place aux premières loges d'un atterrissage sur Mars, et ce pour la première fois dans l'histoire de l'exploration spatiale.

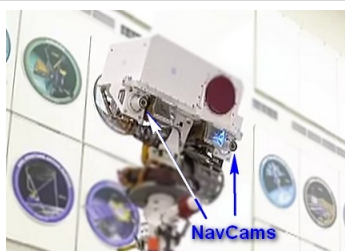
## Caméras d'ingénierie

Mars 2020 utilise une nouvelle génération de caméras d'ingénierie qui s'appuient sur les capacités des anciennes caméras des rovers martiens. Ces caméras « améliorées » donnent des informations en couleur, beaucoup plus détaillées, sur le voisinage du rover : HazCams, NavCam et CacheCam. Les caméras d'ingénierie pour la conduite aident les opérateurs de contrôle sur Terre à conduire le rover plus précisément et à mieux cibler les mouvements du bras, de la perceuse et d'autres outils qui doivent se rapprocher de leurs cibles. Un



Ces vues de la caméra de navigation de Perseverance (Navcam), montrent un tas de roches prises à une distance d'environ 15 mètres dans la zone d'essai « Mars Yard » au Jet Propulsion Laboratory. Les images illustrent une façon dont les données de la caméra peuvent être utilisées pour révéler les contours d'une cible à distance. Ces mesures donnent au rover et à l'équipe qui le contrôle les connaissances dont ils ont besoin pour planifier des déplacements et des mouvements de bras précis.

champ de vision beaucoup plus large donne aux caméras une bien meilleure vue du rover lui-même. Ceci est important pour vérifier l'état des diverses pièces du rover et mesurer les changements dans la quantité de poussière et de sable qui peuvent s'accumuler sur les surfaces du véhicule. Les nouveaux appareils photo peuvent également prendre des photos pendant que le rover est en mouvement.



Les vues 3D donnent à Perseverance la possibilité de prendre ses propres décisions pour se diriger sans consulter à chaque mouvement l'équipe de contrôle du rover sur Terre grâce aux caméras NavCams.

Les caméras d'ingénierie partagent le même corps de caméra, mais utilisent des objectifs différents sélectionnés selon la tâche spécifique de chaque caméra.

Spécifications techniques de ces caméras utilisées pour se déplacer sur Mars et pour positionner les outils sur le bras robotique :

- Emplacement : divers endroits sur le rover.
- Poids : moins de 425 grammes.
- Taille d'image : 5120 x 3840 pixels
- Résolution d'image : 20 mégapixels.

**HazCams** : caméras de prévention des risques.

Perseverance dispose de six nouvelles caméras de détec-

tion des obstacles, appelées HazCams : quatre à l'avant et deux à l'arrière du corps du rover. Les HazCams détectent les dangers sur les voies avant et arrière du rover, tels que les gros rochers, les tranchées ou les dunes de sable. Les ingénieurs utilisent également les HazCams avant pour voir où déplacer le bras robotique pour prendre des mesures, des photos et collecter des échantillons de roches et de sol.

**NavCam** : lors de la conduite, le rover s'arrête fréquemment pour prendre de nouvelles images stéréo du chemin à parcourir pour évaluer les dangers potentiels.

- Emplacement : monté haut sur le mât du rover.
- Les « yeux » gauche et droit sont à environ 16,5 pouces (42 centimètres) l'un de l'autre.

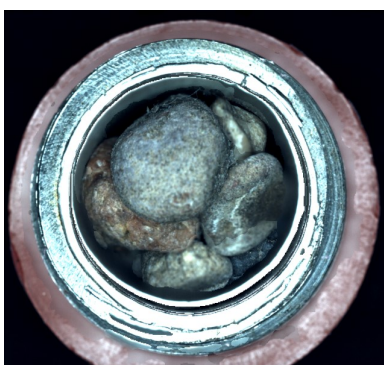
**CacheCam** : une nouvelle caméra pour enregistrer la collecte d'échantillons.

CacheCam est une caméra unique qui regarde en haut du cache d'échantillon, et prend des photos des matériaux échantillonnés et des tubes d'échantillons lors de leur préparation pour le scellage et la mise en cache. Cela permet aux scientifiques de voir les échantillons au fur et à mesure de leur obtention et de conserver un enregistrement de l'ensemble du processus pour chaque échantillon prélevé.



Le travail principal de CacheCam est de voir vers le bas dans le haut d'un tube d'échantillon après la collecte de l'échantillon.

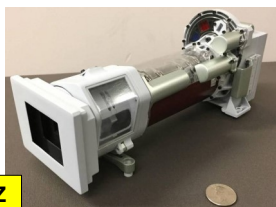
CacheCam permet de prendre des vues microscopiques du haut du matériau de l'échantillon avant que le tube ne soit scellé.



Vue de haut d'un tube d'échantillon prise par CacheCam.

## Caméras scientifiques

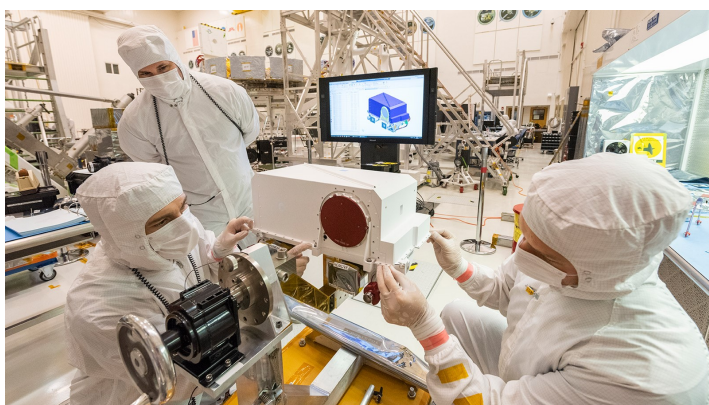
Elles ont pour nom : Mastcam-Z, SuperCam, PIXL, SHERLOC et WATSON.



Mastcam-Z

### Mastcam-Z

MastCam-Z est une paire de caméras qui prend des images et des vidéos en couleur, des images stéréo 3D et dispose d'un puissant zoom. Comme les caméras Mastcam sur le rover Curiosity, Mastcam-Z sur Perseverance se compose de deux systèmes de caméras montés sur le mât RSM (Remote Sensing Mast) qui domine le pont du rover. Les caméras sont côte à côte et pointent dans la même direction, offrant une vue 3D similaire à ce que les yeux humains verraient, mais en mieux. Ils ont également une fonction de zoom pour voir les détails des cibles lointaines.



Sur cette photo (NASA / JPL-Caltech), prise le 23 mai 2019, dans la salle blanche High Bay 1 du Spacecraft Assembly Facility au Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en Californie, les ingénieurs réinstallent le couvercle de la tête du mât de télédétection (RSM) après l'intégration de deux caméras haute définition Mastcam-Z destinées au rover Perseverance de la mission Mars 2020.

Mastcam-Z est un instrument d'imagerie stéréoscopique multispectral qui améliorera les capacités de conduite et d'échantillonnage du rover Perseverance. Il permettra également aux membres de l'équipe scientifique d'observer les détails minéralogiques, structuraux et morphologiques des roches et des sédiments à n'importe quel en-

droit situé dans le champ de vision du rover, les aidant à reconstituer l'histoire géologique de la planète.

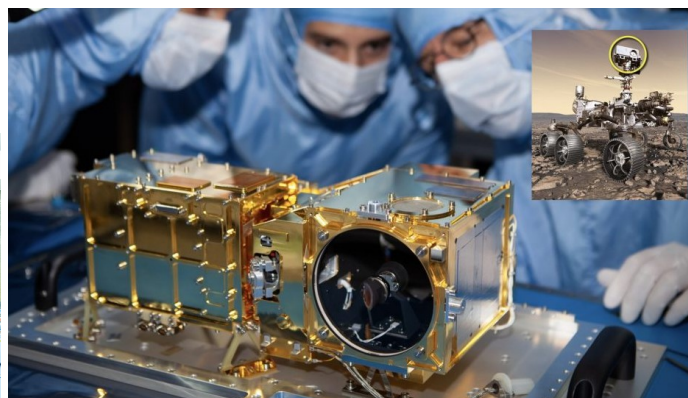
« Mastcam-Z sera la première caméra couleur sur Mars capable de zoomer, permettant des images 3D à une résolution sans précédent », a déclaré Jim Bell, chercheur principal de Mastcam-Z de l'Arizona State University à Tempe. « Avec une résolution de trois centièmes de pouce [0,8 mm] devant le rover et moins d'un pouce et demi [38 mm] à plus de 330 pieds [100 mètres] de distance, les images Mastcam-Z vont jouer un rôle clé dans la sélection des meilleurs échantillons possibles de Jezero Crater ».

Les capacités de Mastcam Z ne sont pas les seules premières de la mission, on l'a vu. Pour rappel, Mars 2020 sera le premier vaisseau spatial de l'histoire de l'exploration planétaire à avoir la possibilité de recibler avec précision son point de toucher pendant la séquence d'atterrissage. Et le rover possède un système de mise en cache d'échantillons qui collectera des échantillons de roches et de sols martiens et les stockera à la surface de la planète pour les récupérer et les retourner sur Terre lors de missions ultérieures.

### SuperCam



Lorsque le rover Curiosity s'est posé sur la quatrième planète en 2012, il transportait déjà une caméra-laser française baptisée ChemCam.



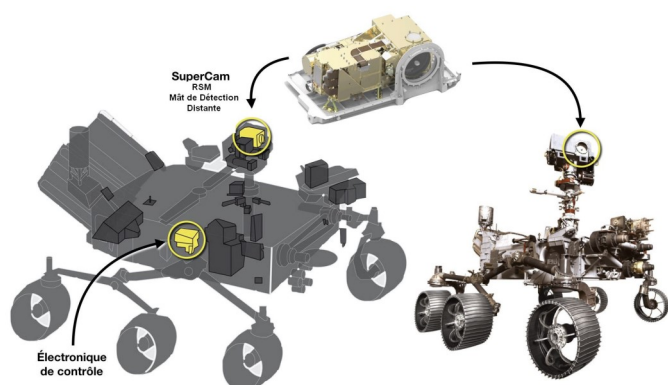
**SuperCam** : conçue par des laboratoires français autour de l'IRAP (Institut de recherche en astrophysique et planétologie / CNRS / Université Toulouse III Paul-Sabatier)

SuperCam, sa cousine française, sera embarquée sur le rover Perseverance qui partira vers Mars en juillet prochain ; mais elle s'est déjà envolée vers les U.S. en juin 2019 pour être intégrée en haut du mât RSM.

Coup dur cependant... Alors qu'elles étaient sur le point de livrer le modèle de vol au JPL (Jet Propulsion Laboratory, centre de supervision des vols non habités de la NASA basé en Californie), les équipes toulousaines engagées dans la fabrication de la caméra laser SuperCam ont été obligées de procéder à une nouvelle fabrication d'un modèle livrable à l'agence spatiale américaine...

En effet, un incident est survenu lors d'une procédure de séchage dans une étuve de l'IRAP pour des tests de collage sur la partie optique de la caméra. « *L'enceinte thermique a dysfonctionné. La température est montée largement au-dessus de la consigne, au-delà des 50° acceptables* », explique Sylvestre Maurice, astronome à l'IRAP, qui est le responsable scientifique de l'instrument SuperCam. Le JPL est venu rencontrer les protagonistes à Toulouse : l'IRAP pour la fabrication, le CNES (Centre National des Etudes Spatiales) pour la maîtrise d'ouvrage et la responsabilité de la livraison. Heureusement, le calendrier laissait un peu de temps aux équipes pour livrer un nouveau modèle en six mois. « *Nous aurions pu vérifier les éléments endommagés, tout tester à nouveau, mais le lancement n'était pas pour demain, nous avons un peu de temps pour tout reprendre* », poursuit Sylvestre Maurice. Tout était bon dans l'instrument, il suffisait de le refaire à l'identique, car il n'y avait aucun problème de design ou de conception. Les équipes ont donc été renforcées mais bien sûr, humainement, c'est difficile.

Si le spatial était simple, cela se saurait ! Sur 44 missions vers Mars, 21 ont raté. Cet accident, après 4 modèles conçus en presque 4 ans, c'est pas de chance et ça fait mal parce que tout était prêt mais la stratégie de rechange était là, et les partenaires industriels ont donné la priorité à cette affaire. « *Cette solidarité nous permet d'envoyer sur Mars un instrument que personne n'a jamais fait, beaucoup plus complexe que ChemCam : grâce à une spectroscopie infrarouge et un laser Raman, nous allons analyser à distance comment les atomes sont liés entre eux sur Mars. C'est ce qu'il faut pour chercher des traces de vie* », explique Sylvestre Maurice qui a promis de ne pas essayer de rajouter de nouvelles fonctionnalités à l'instrument.



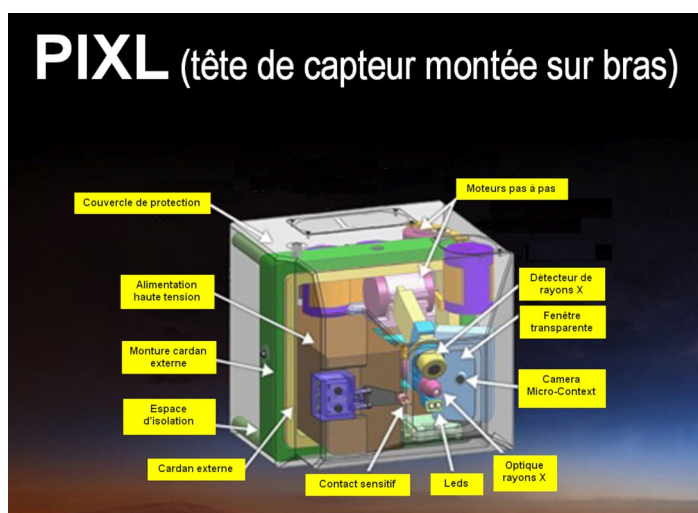
**SuperCam** occupe deux emplacements dans le robot Perseverance.

Dans ses 6 petits kilos (sur un rover de 1,1 tonne) SuperCam embarque également un petit microphone, conçu par l'ISAE-SupAéro. Ce micro sera une première. Il permettra d'entendre le son du laser de la caméra (pour en déduire la dureté de la roche ciblée), les vents martiens et les bruits du rover.

SuperCam envoie un faisceau laser sur des cibles minérales qui sont hors de portée du bras robotique du rover, puis analyse la roche vaporisée pour révéler sa composition élémentaire. Comme la ChemCam sur rover Curiosity, la SuperCam déclenche des impulsions laser dans des zones précises inférieures à 1 millimètre, et cela à plus de 7 mètres de distance. Sa caméra et ses spectromètres examinent ensuite la chimie de la roche. Cela autorise la recherche de composés organiques qui pourraient être liés à la vie passée sur Mars. Lorsque le laser frappe la roche, il crée du plasma, qui est un gaz extrêmement chaud composé d'ions et d'électrons flottant librement. Un spectrographe embarqué enregistre le spectre du plasma, qui révèle la composition du matériau.

## PIXL

PIXL (Planetary Instrument for X-RAY Lithochemistry) est un spectromètre dans le domaine de la fluorescence aux rayons-X. Il utilise la fluorescence X pour identifier les

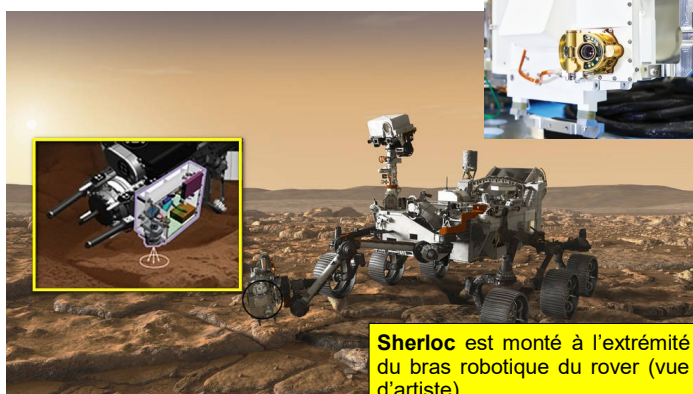


éléments chimiques dans des points cibles aussi petits qu'un grain de sel de table. Il dispose d'une caméra **Micro-Contexte** pour fournir une image permettant de corréler la carte de composition élémentaire avec les caractéristiques visibles de la zone cible.

## SHERLOC

Mars est loin du 221B Baker Street, mais l'un des détectives les plus connus des séries policières sera représenté sur la planète rouge après l'atterrissage du rover Perseverance, prévu le 18 février 2021. SHERLOC est en fait l'acronyme de Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence of Organics & Chemicals. Donc, la spectrométrie est encore la fonction principale de cet instrument placé au bout du bras robotique du rover pour chercher des indices de la taille d'un grain de sable dans les roches martiennes, tout en travaillant en tandem avec son compère **WATSON**, un appareil photo qui prendra des images rapprochées des textures des roches. Ensemble, ils étudieront les surfaces rocheuses,

cartographiant la présence de certains minéraux et molécules organiques, qui sont les éléments constitutifs de la vie à base de carbone sur Terre.

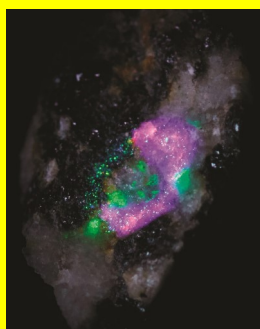


**Sherloc** est monté à l'extrémité du bras robotique du rover (vue d'artiste).  
Photo du haut : prototype au laboratoire.

SHERLOC a été construit au Jet Propulsion Laboratory de la NASA en Californie du Sud, qui dirige la mission Mars 2020 ; WATSON a été construit chez Malin Space Science Systems à San Diego. Pour les roches les plus prometteuses, l'équipe de contrôle commandera au rover de prélever des échantillons de carottes d'un demi-pouce de large, de les stocker et de les sceller dans des tubes métalliques, et de les déposer à la surface de Mars afin qu'une future mission puisse les renvoyer sur Terre pour étude plus détaillée. SHERLOC travaillera avec six autres instruments à bord de Perseverance pour donner une meilleure compréhension de Mars.

L'effet **RAMAN** permet de déterminer la signature vibratoire d'une molécule, ce qui donne des indications sur sa structure ; les instruments Raman peuvent utiliser des lasers dans la région visible et des câbles souples de fibre optique peuvent servir pour exciter l'échantillon. C'est une technique scientifique nommée d'après le physicien indien Chandrashekhara Venkata Raman, qui a découvert l'effet de diffusion de la lumière dans les années 1920. « *En voyageant par bateau, il essayait de découvrir pourquoi la couleur de la mer était bleue* », a déclaré Luther Beegle du JPL, responsable principal de SHERLOC, « *Il a réalisé que si vous projetez un faisceau lumineux sur une surface, cela peut changer la longueur d'onde de la lumière diffusée en fonction des matériaux de cette surface* ». Cet effet est appelé diffusion Raman. Les scientifiques peuvent identifier différentes molécules sur la base de « l'empreinte digitale » spectrale distinctive visible dans leur lumière émise. Un laser ultraviolet qui fait partie de SHERLOC permettra à l'équipe de classer les matières organiques et les minéraux présents dans une roche et de comprendre l'environnement dans lequel la roche s'est formée. L'eau salée, par exemple, peut entraîner la formation de minéraux différents de l'eau douce. L'équipe recherchera également des indices d'astrobiologie sous la forme de molécules organiques qui, entre autres, serviront de bio signatures potentielles, démontrant la présence de vie dans le passé sur Mars. « *Si nous voyons des matières organiques s'agglutiner sur une partie d'un rocher, cela pourrait être un signe que les microbes y ont prospéré dans le passé* » a déclaré Beegle. Les processus non biologiques peuvent également former des matières organiques, donc la détection des composés n'est pas un signe certain que la vie s'est formée sur Mars. Mais les matières organiques sont cruciales pour comprendre si l'environnement ancien aurait pu soutenir la vie.

Dans cette image test de SHERLOC, chaque couleur représente un minéral différent détecté à la surface d'une roche. (NASA / JPL / Caltech)



WATSON qui est un capteur topographique grand angle pour les opérations et l'ingénierie électronique, prendra des images rapprochées des échantillons. Il peut également prendre des images de Perseverance, tout comme le rover Curiosity de la NASA qui utilise le même type d'appareil photo - appelé Mars Hand Lens Imager sur ce véhicule - pour la science et pour prendre des autoportraits (selfies). Mais combiné avec SHERLOC, WATSON peut faire encore plus : l'équipe peut cartographier avec précision les découvertes de SHERLOC sur les images de WATSON pour aider à révéler comment les différentes couches minérales se sont formées et se chevauchent. Ils peuvent également combiner les cartes minérales avec des données d'autres instruments, dont PIXL (lui aussi sur le bras robotique de Perseverance) pour voir si une roche pourrait contenir des signes de vie microbienne fossilisée.

Tout instrument scientifique exposé à l'environnement martien pendant assez longtemps est appelé à se modifier, que ce soit à cause des fluctuations extrêmes de température ou du rayonnement du Soleil et des rayons cosmiques. Les scientifiques doivent parfois étalonner ces instruments, ce qu'ils font en mesurant leurs lectures par rapport à des cibles d'étalonnage (essentiellement des objets aux propriétés connues sélectionnées à l'avance à des fins de recouplement).

Un penny sert de cible d'étalonnage à bord de Curiosity. La caméra Mars Hand Lens Imager (MAHLI) sur le rover a pris cette image et d'autres de la cible d'étalonnage MAHLI lors du 34ème jour martien (appelé sol), des travaux de Curiosity sur Mars, le 9 septembre 2012. Ce penny est un clin d'œil à la tradition des géologues de placer une pièce de monnaie ou un autre objet d'échelle connue comme référence de taille dans des photographies rapprochées de roches, et il donne au public un objet familier pour percevoir facilement la taille. La pièce spécifique, fournie par le chercheur principal de MAHLI, Ken Edgett, est un penny « VDB » de 1909, première année où les pièces de Lincoln étaient frappées avec le centenaire de la naissance d'Abraham Lincoln. Le VDB fait référence aux initiales du concepteur Victor D. Brenner, qui se trouve au verso. Brenner a réalisé le portrait en relief de Lincoln d'après une photographie prise le 9 février 1864 par Anthony Berger dans le studio de Mathew Brady à Washington, D.C.. Mais la cible d'étalonnage de Sherlock est composée d'une dizaines d'échantillons en divers matériaux comme une météorite de Mars découverte sur Terre en 1999 et des échantillons de combinaison spatiales (les chercheurs prévoient de surveiller de près les échantillons pour voir comment l'environnement martien les modifie au fil du temps).



« *SHERLOC est assez compliqué, et nous avons dressé une liste de 11 choses qui doivent toutes être calibrées sur cet instrument* », a déclaré Marc Fries, scientifique planétaire ARES. « *Ce dispositif d'étalonnage sophistiqué va également être utilisé pour de nombreuses autres recherches scientifiques et techniques, et nous sommes vraiment ravis que ce soit la contribution de JSC au rover Mars 2020* ».



Cible d'étalonnage SHERLOC

**Envoyer un rover vers la planète rouge, c'est bien plus que 3... 2... 1... décollage ! Il faut des milliers de personnes et des années de dur labeur pour obtenir un vaisseau spatial qui va de la Terre à Mars.**

Le rover Perseverance est un bijou de technologie et malgré tous les soins apportés par les ingénieurs lors de l'étude, il faut procéder à des tests « grandeur nature » pour savoir si tout fonctionne comme prévu. Plusieurs mois seront ainsi nécessaires pour passer en revue les fonctionnalités désirées de la robotique complexe du rover, telles celle du bras manipulateur et celle associée à la collecte des échantillons ; le vaisseau spatial, dans son ensemble, devra lui aussi affronter les vibrations du décollage, puis le froid du vide spatial, et des températures extrêmes lors de l'arrivée dans l'atmosphère martienne. Tout cela nécessite de gros moyens techniques capables de reconstituer ces environnements, mais aussi des hommes et des femmes, ingénieurs et techniciens pour suivre tous les processus de tests associés.

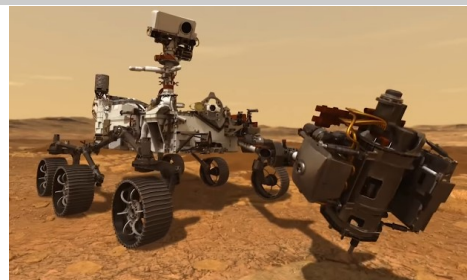


« Ce rocher est un grès semblable à un rocher que nous pourrions trouver dans le cratère Jezero ».

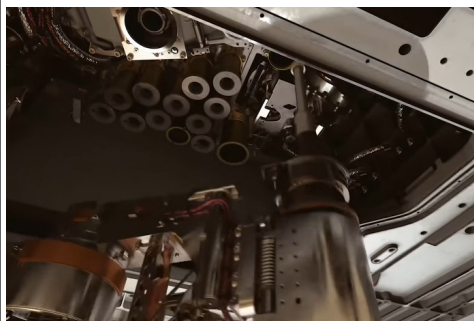
Katie Stack Morgan étudie les roches sur d'autres planètes : « *c'est là, sur le Mars Yard, que nos rovers s'entraînent sur des terrains rocheux* ». Elle travaille avec les ingénieurs pour comprendre quel type de terrain le rover peut gérer, afin de trouver l'endroit le plus excitant mais qui est souvent le plus difficile.

Le site d'atterrissage sur Mars est le cratère Jezero, un delta qui semble magnifiquement préservé, vraiment un bon endroit pour préserver les preuves de la vie passée et pour rechercher des choses comme la matière organique qui se concentre dans les roches d'un delta. « *Nous serions intéressés à échantillonner une roche comme celle-ci pour comprendre ce que chaque grain de sable nous dit de son évolution sur Mars ... En grandissant, nous faisons beaucoup de randonnées et visitons les parcs nationaux pour les vacances d'été, donc quand j'ai découvert que j'avais la possibilité de combiner la géologie et l'amour du plein air avec l'exploration des rochers sur une autre planète, je me suis dit : c'est vraiment le genre de chose à faire pour moi ... Non seulement je pouvais travailler sur un projet scientifique intéressant, mais je pouvais le faire avec une super équipe de personnes .... Et c'est ce que je fais !* ».

Le bras manipulateur avec sa tête foreuse.



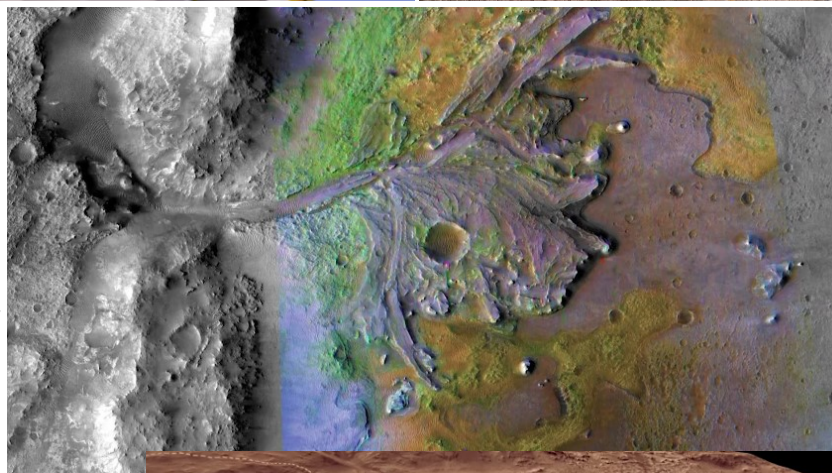
Rangement des échantillons scellés sous le rover.



**Katie S. Morgan** (NASA JPL Deputy Project Scientist Perseverance). Le « Mars Yard » est son terrain d'étude.



Les roues du rover devront résister aux dures conditions du terrain.



**Jezero Crater** : le site d'atterrissage prévu pour Perseverance

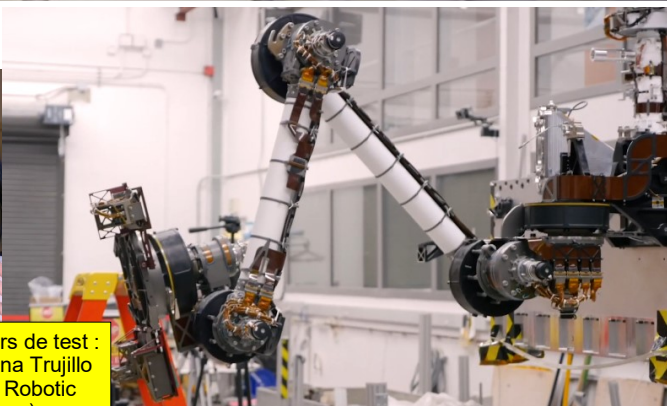


Mars 2020 : une grande équipe et un projet scientifique enthousiasmant.

Diana Trujillo s'occupe du bras robotique du rover pour collecter des échantillons sur Mars. « Nous utiliserons le bras pour placer les instruments qui analyseront le terrain ou la perceuse qui recueillera l'échantillon ; cela va nous aider à comprendre la composition et voir s'il y a une certaine traçabilité de la vie ... Nous passons beaucoup, beaucoup d'heures ici, à tout tester : la façon dont il doit être déplacé, la façon dont nous allons le configurer. C'est nous qui essayons de comprendre comment nous utiliserons le matériel et les logiciels pour l'amener à faire ce que nous voulons qu'il fasse à la surface de Mars ... Je me sens comme une personne si chanceuse de travailler là-dessus ». Diana est née et a grandi en Colombie : « il y avait beaucoup de violence dans mon pays, et pour moi, regarder le ciel et les étoiles était mon endroit sûr. Je suis arrivé aux États-Unis à l'âge de 17 ans. J'ai appris l'anglais et je me suis payé mes études avec des petits boulots ... avec de l'enthousiasme, de la passion ... si vous êtes déterminé à faire ce que vous voulez faire de votre vie, vous trouverez un moyen ».



Le bras robotique en cours de test : une affaire suivie par Diana Trujillo (NASA JPL Phase Lead, Robotic Arm Science, Perseverance).



X16

ROCK 2

- Bit Pickup
- Preload
- Hole Start
- > Coring <
- Core Breakoff
- Bit Retraction
- Mastcam
- Bit Dropoff



06-28-2015 Sun 16:44:22

X3

TURRETCAM

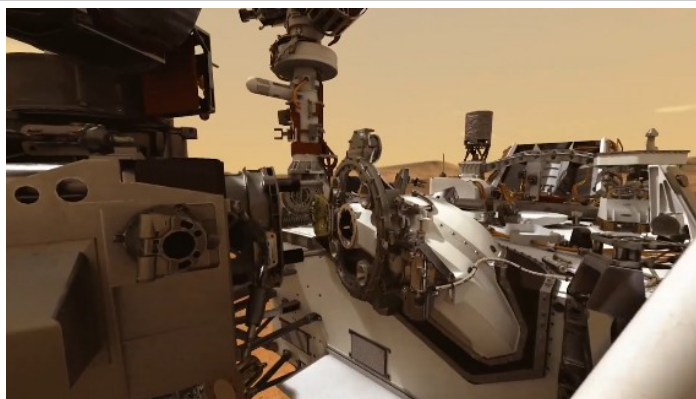
- Bit Pickup
- Preload
- Hole Start
- Coring
- Core Breakoff
- > Bit Retraction <
- Mastcam
- Bit Dropoff

La robotique complexe associée au forage de roches diverses, à l'extraction et au scellement d'échantillons a fait l'objet de nombreux tests.

Du lancement au voyage vers Mars en passant par l'atmosphère jusqu'à survivre sur la surface martienne, le rover Perseverance de la NASA devra endurer de nombreux environnements extrêmes sur son chemin vers la planète rouge. Mais avant que ce vaisseau spatial ne connaisse la réalité, il faut d'abord tester toutes ces conditions sur Terre. C'est l'affaire de Michelle Tomey Colizzi qui est l'ingénieur en charge du test de matériel sur Terre pour le voyage vers Mars. « *J'aide à protéger le prochain Rover dont la tâche principale sera de mettre en cache des échantillons après les avoir extraits des roches remarquables, lesquelles seront placés dans un endroit précis pour être ramenés par une mission ultérieure* ». Son travail consiste au

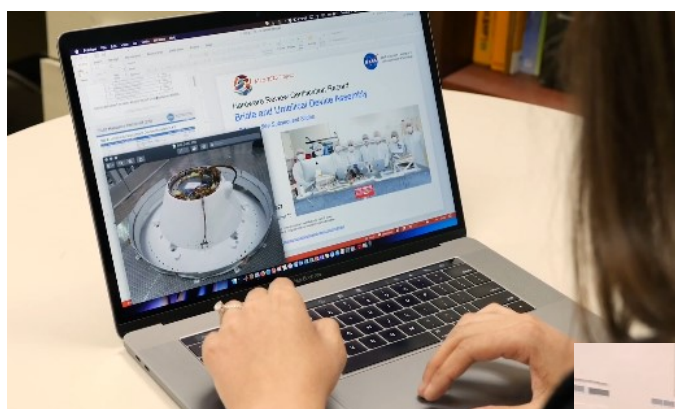


**Michelle Tomey Colizzi**  
(NASA JPL Aeroshell Vehicle Lead).



Récupération de la « carotte » de roche de la tête de forage pour analyse interne et potentielle conservation ultérieure (image d'artiste).

Ci-dessous : le bouclier de protection pour l'entrée dans l'atmosphère martienne.



suivi de l'assemblage, des tests et des opérations de lancement (ATLO), où tous les composants divers (le hardware) arrivent et forment ensemble le vaisseau spatial. « *De temps en temps, nous montons et jetons un coup d'œil ... Au fil des ans, cela devient comme votre enfant ... Vous voulez donc vraiment le voir bien travailler et faire de son mieux ... Nous envoyons du matériel que nous avons construit sur Terre à une autre planète pour aller faire de la science ... Super !* »



De la fenêtre du couloir supérieur, Michelle Tomey Colizzi peut surveiller le hall d'assemblage du vaisseau spatial, et vérifier les processus en cours.



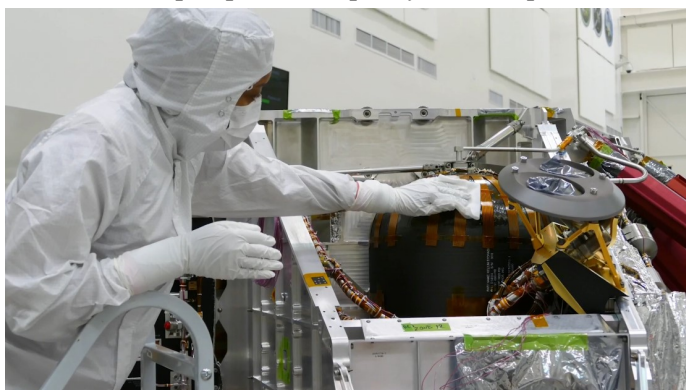
**Moogega Stricker** (NASA JPL Planetary Protection Lead, Perseverance)

Chercher la vie sur Mars... c'est aussi protéger Mars contre les bactéries de la Terre et cela, c'est l'affaire de la scientifique Moogega Stricker qui est responsable de la protection planétaire de la NASA-JPL ; elle s'assure que le rover qui va partir sur Mars est libre et exempt de passagers microbiens. Donc, si jamais nous trouvons la vie sur Mars, nous serons sûrs qu'elle ne vient pas de la Terre. Il est donc important que le vaisseau spatial n'emporte aucune bactérie terrestre.



Combinaisons de protection et masques sont de rigueur depuis longtemps dans les salles blanches du JPL...

« Le prochain rover de Mars devrait se rendre sur Mars, collecter des échantillons, afin que nous puissions éventuellement ramener ceux-ci sur Terre et déterminer pour la toute première fois... la vie existait-elle sur Mars ? ... Il n'y a rien que nous puissions construire qui soit stérile, alors nous prenons des tampons et des lingettes pour nettoyer le vaisseau spatial pendant sa construction ... Il est mis dans un four, il est placé dans diverses chambres et salles blanches afin que nous puissions maintenir ce niveau de propreté ... Si nous trouvons quelque chose sur Mars, nous devons nous assurer que c'est quelque chose qui vient bien de Mars, et non quelque chose qui a fait du stop ».



Nettoyer.... Toujours nettoyer : pas d'autre solution aussi efficace.



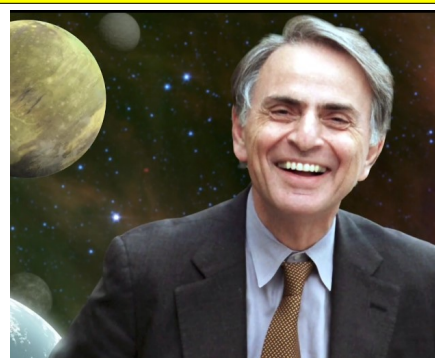
Les spores sont des micro-organismes robustes qui peuvent réellement survivre dans le vide spatial et sont de bons candidats comme passagers clandestins à bord du vaisseau spatial lors du voyage vers Mars.

« Je dois tout à Carl Sagan et à regarder le cosmos. Enfant, l'ampoule s'est allumée : c'était en fait le début de ma passion pour la communication scientifique.

Nous sommes citoyens de notre univers, nous devons être de bons ambassadeurs lorsque nous explorons d'autres planètes, d'autres lunes. C'est la bonne chose à faire ».



« 'C'est l'endroit où la magie opère... Dans ce laboratoire, nous examinons spécifiquement les spores »



**Carl Sagan** (1934-1996) astronome américain, un des fondateurs de l'exobiologie, soutenant le programme SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence).



**Eric Aguilar** (NASA JPL Technical Group Supervisor, Perseverance)

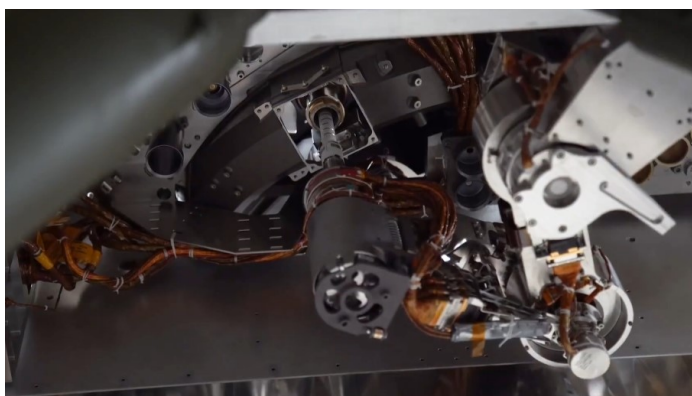
Eric Aguilar s'occupe particulièrement du système robotique qui collectera les échantillons de roches martiennes afin qu'ils puissent être étudiés sur Terre.

« Nous avons notre banc d'essai hexapode. C'est essentiellement un corps de mobile qui nous permet d'attacher le bras robotique, l'assemblage de mise en cache adaptatif, et la perceuse ».

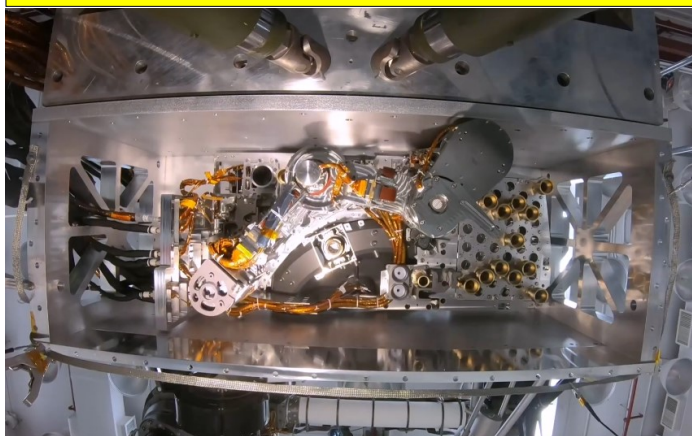


**Tête de perçage de Perseverance** : un outil robotisé sophistiqué pour prélever des échantillons de roche martienne.

Perçage d'une roche en laboratoire.



Récupération de l'échantillon, puis mise en cache.



Le ventre du rover, est utilisé pour traiter les tubes lorsqu'ils reviennent avec un échantillon à l'intérieur ... Il sera mesuré, pris en photo puis sera scellé et stocké pour une future mission afin de les récupérer ».



Mise en cache d'un échantillon

« Travailler dans l'aérospatiale a toujours été ma passion. Ce qui m'attire vraiment vers cela, c'est son ingénierie... toujours travailler sur quelque chose de nouveau, quelque chose de jamais fait auparavant ».

« Trouver les problèmes, les résoudre, est vraiment quelque chose que j'aime faire ».

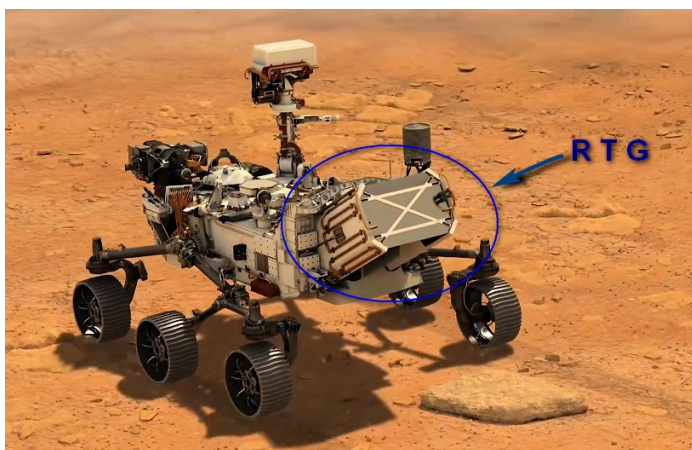


Comme son grand frère Curiosity qui boulingue déjà depuis quelques années sur le sol martien, le rover Perseverance qui se prépare à partir là-bas est un véhicule robotisé lourdement équipé d'outils et d'appareils de mesures divers et son efficacité dépend de la disponibilité en énergie sur place. Mais Mars réserve quelquefois quelques surprises désagréables, comme de super tempêtes de poussière et un véhicule alimenté par des panneaux solaires se voit vite mis hors service si les panneaux se recouvrent d'un épais manteau de sable rouge, car alors, c'en est fini de la recharge des batteries... Le Département de l'Énergie fournit des systèmes électriques à radio-isotopes pour les missions de la NASA depuis plus de quatre décennies. Ces missions ont permis d'explorer toutes les planètes du Système Solaire comme Saturne avec Cassini arrivé en 2004 et, en 2015, c'est la première mission vers Pluton



Le logo du Département de l'Énergie Américain

qui est aussi alimentée par un générateur thermoélectrique à radio-isotopes. Les RTG sont allés avec les astronautes sur la lune pendant le programme Apollo et tout récemment la sonde Voyager est entrée dans l'espace interstellaire et communique encore avec nous grâce à ce générateur. Le prochain Rover de la mission Mars 2020 sera également alimentée par un RTG.



Les ingénieurs travaillent à l'intégration du RTG, dont on voit ici les ailettes de refroidissement (il est situé à l'arrière de Perseverance).



Ryan Bechtel (Power System Safety Manager)  
U.S. department of Energy.

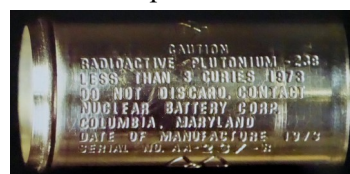
Ryan Bechtel est responsable sécurité pour ces générateurs radio-isotopiques au Département de l'Énergie. Le prochain Rover de la mission Mars 2020 sera alimenté par un RTG. Pour en savoir plus, il suffit d'écouter Ryan qui va décrire ce type de générateur. « *Le générateur thermoélectrique à radio-isotopes multi-missions ou MM RTG est un système d'énergie nucléaire qui convertit la chaleur de désintégration naturelle du plutonium 238 en électricité* ». Voilà, tout est dit. Satisfait ?

Non... Qu'est-ce que le plutonium ? C'est un élément chimique créé de manière artificielle de symbole Pu. La majeure partie du plutonium disponible sur Terre provient des réacteurs nucléaires, engendrés par la capture d'un neutron par l'uranium 238, puis de la radioactivité  $\beta$  de l'uranium 239 et du neptunium 239 selon la réaction :



On connaît 15 isotopes du plutonium mais les plus importants sont :  ${}^{239}\text{Pu}$ ,  ${}^{241}\text{Pu}$  et  ${}^{243}\text{Pu}$ .

L'isotope  ${}^{238}\text{Pu}$  qui peut se former à partir de  ${}^{239}\text{Pu}$ , et qui nous intéresse ici, a une certaine importance pour des applications particulières comme en médecine (stimulateur cardiaque) ou pour les satellites artificiels et les sondes spatiales.

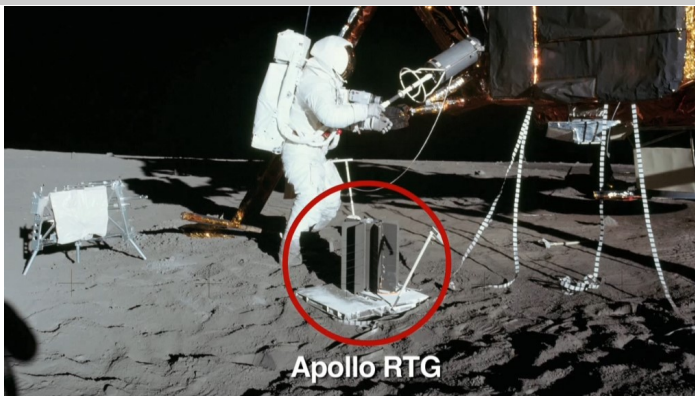


Conteneur de pile au plutonium pour stimulateur cardiaque ; un modèle qui est installé « à vie ». Après la mort, la pile doit être récupérée et expédiée à Los Alamos.  
Crédit photo : Th. Gray



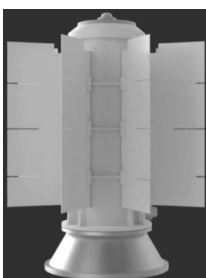
Ryan : « *Le MM RTG utilise des thermocouples. Le thermocouple est un dispositif qui convertit la chaleur en électricité. Les thermocouples utilisés ici sont extrêmement fiables et au cours des dernières décennies, il y a eu de nombreux RTG qui ont été construits qui ont plus d'un milliard d'heures de durée de vie opérationnelle. Et pendant ce temps, aucun thermocouple n'est tombé en panne. Nous construisons la sécurité de l'intérieur et de l'extérieur, et de tous nos systèmes d'alimentation et le MM RTG ne fait pas exception. Nous commençons par le combustible : nous utilisons le plutonium 238* ».

**Plutonium 238 ⇒ Electricité**

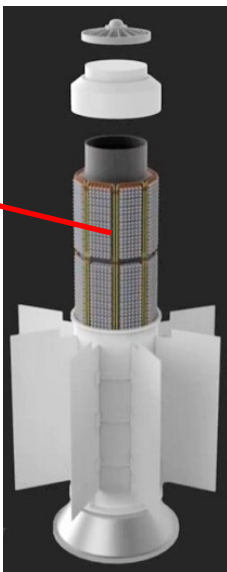
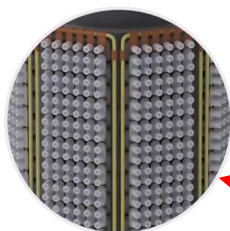


Apollo RTG

Le plutonium 238 est un émetteur alpha. Les particules alpha peuvent être très facilement arrêtées. Votre peau morte ou même une feuille de papier est suffisante pour vous protéger contre le rayonnement alpha. Ce n'est un danger pour le corps humain que si ce plutonium 238 est inhalé ou s'il est ingéré : les particules alpha sont très ionisantes et détruisent alors les cellules vivantes. Pour aider à prévenir cela, le « carburant »  $^{238}\text{Pu}$  est sous forme d'oxyde : du dioxyde de plutonium 238, une céramique dure, mais cassante, un peu comme la porcelaine (des morceaux de grande taille, pas de petits morceaux fins qui peuvent être inhalés ou ingérés). La céramique n'étant pas soluble, si vous deviez ingérer ce matériau par inadvertance, il quitterait rapidement votre corps par les moyens naturels.

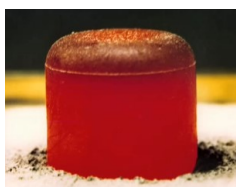


Un « RTG standard » mesure 60 cm de haut (2 feet), et 60 cm de large et procure une bonne centaine de watts électriques au départ. Il a une durée de vie opérationnelle d'environ 15 ans.

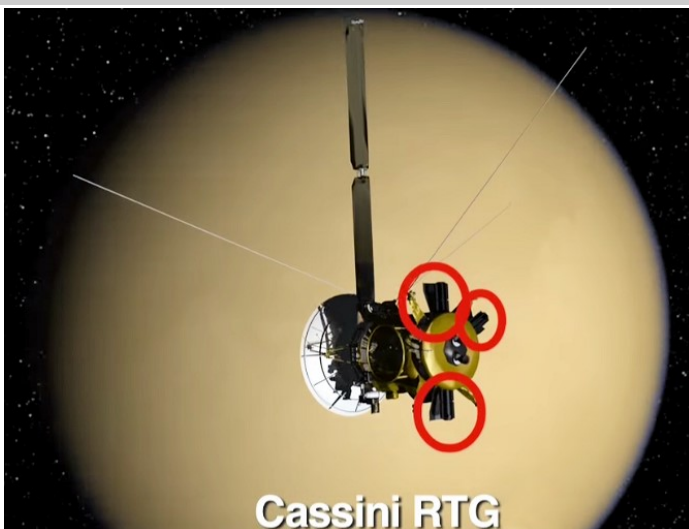


Les thermocouples vont convertir la chaleur dégagée par la désintégration radioactive du  $^{238}\text{Pu}$  en électricité.

- 46 RTG ont déjà été fabriqués pour 27 missions.
- 10 missions en orbite terrestre.
- 8 missions planétaires.
- 6 missions lunaires (déposés en surface).
- 3 à la surface de Mars.



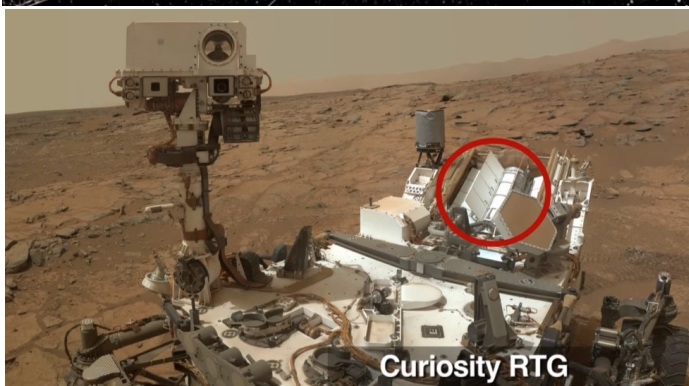
Pastille de plutonium 238 (pellet)



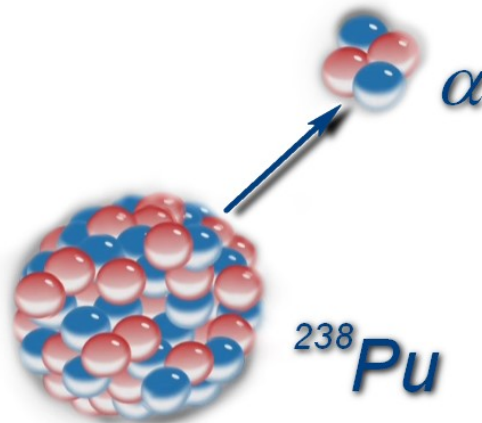
Cassini RTG



Voyager RTG



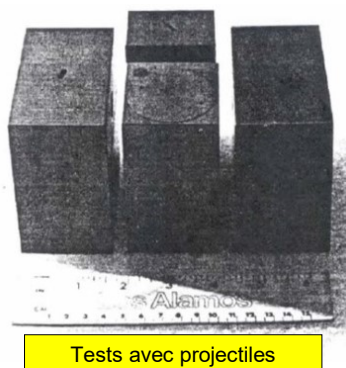
Curiosity RTG



Le noyau de **plutonium 238** se désintègre en émettant une **particule alpha** qui n'est rien d'autre qu'un **noyau d'hélium**... C'est une grosse particule formée de deux protons et de deux neutrons. La radioactivité est un phénomène purement nucléaire, indépendant des électrons, et imprévisible sur un plan individuel.

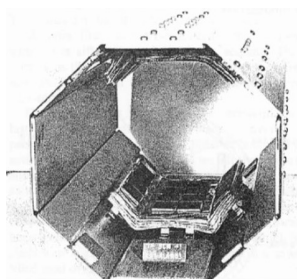
Le « combustible » au plutonium est entouré par une enveloppe métallique en métal : de l'iridium. L'iridium est un des métaux les plus denses, très difficile à fondre (fusion à 2435 °C), et à ces températures de fonctionnement du RTG, il reste donc très résistant et très ductile : il se plie mais il ne casse pas. Ce matériau très cher mais très résistant est choisi pour protéger la matière radioactive, et l'empêcher de sortir, dans le cas, peu probable, d'un accident (NB : la mince strate d'argile qui entoure la Terre, plus riche en iridium qu'ailleurs, marque la transition entre le Crétacé et le Tertiaire). Comme on le voit dans le synoptique d'assemblage ci-contre, les capsules qui génèrent la chaleur issue de la désintégration radioactive sont placées ensuite dans des manchons protecteurs en carbone, liés à des fibres de carbone (un tissu armé à fine structure), les « Fine Weave Pierce Fabric » ; cela réalise une protection thermique du module en cas d'accident : feu lors du lancement d'une fusée, ou la chaleur d'une rentrée atmosphérique ; puis ces manchons sont placés dans un conteneur parallélépipédique lui aussi en carbone, afin de protéger l'ensemble des impacts lors d'accidents potentiels lors de

scenario de rentrée.  
 Ryan : « Nous nous sommes engagés dans une campagne de tests agressive pour prouver la sécurité de ces appareils. Nous avons filmé les tirs avec des balles en aluminium et en titane Nous les avons placés dans des chambres de

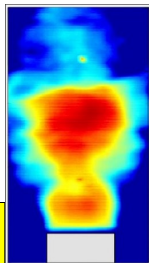


Tests avec projectiles

surpression explosive. Nous les avons soumis à des tirs de roquettes et nous les avons enfoncés dans le sol et, à chaque fois, ils se sont comportés exactement comme prévu ».



Test en chambre de surpression

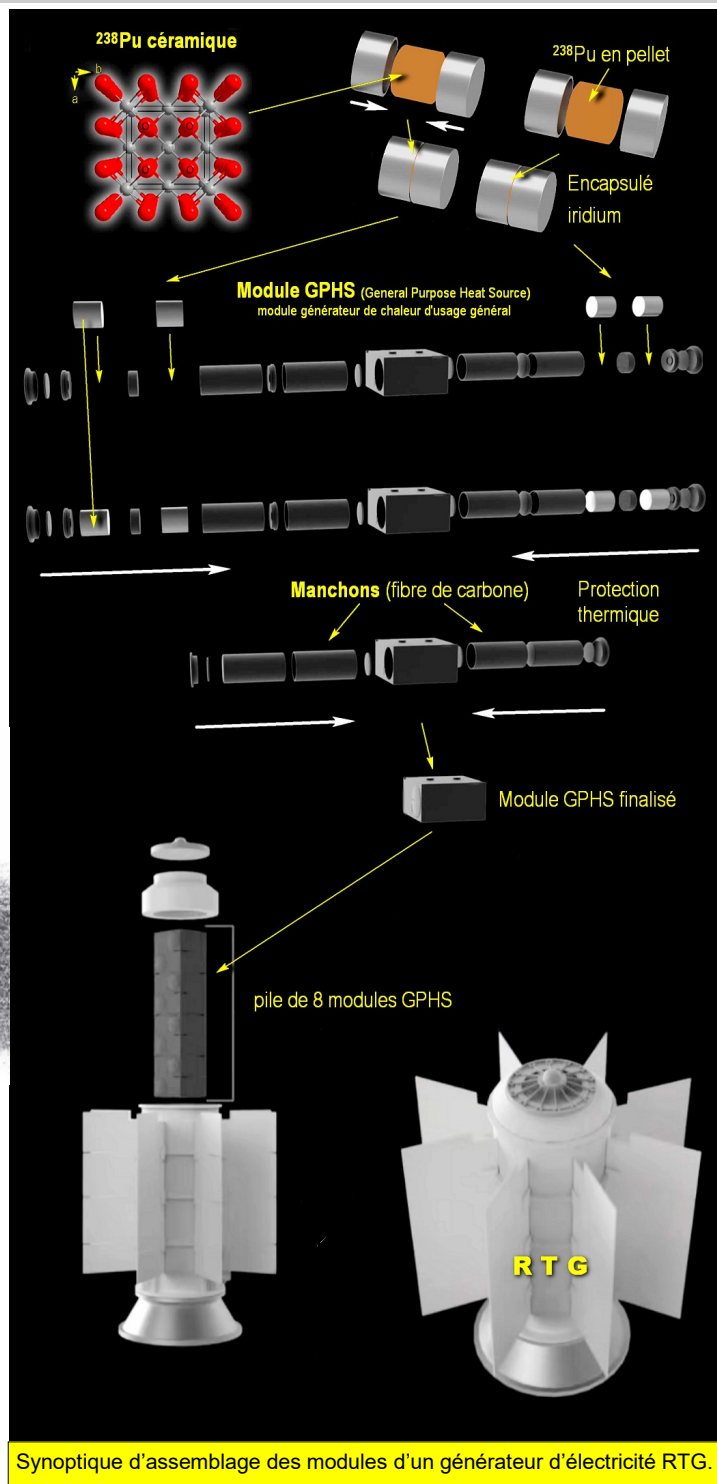


Test de feu de propulseur solide

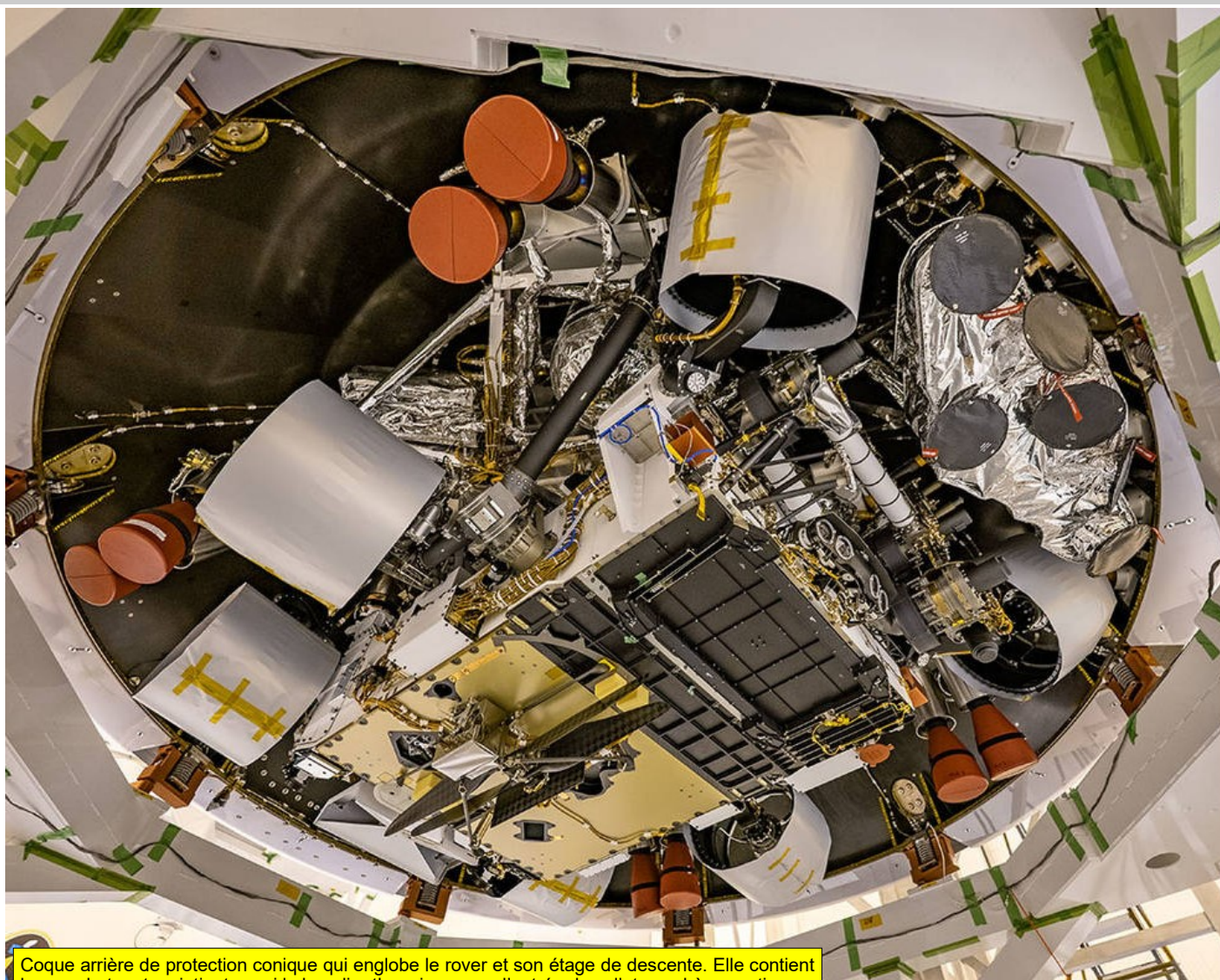
Mais même avec tous les tests de sécurité, le Département de l'Énergie ne tient rien pour acquis avant le lancement de chaque RTG.



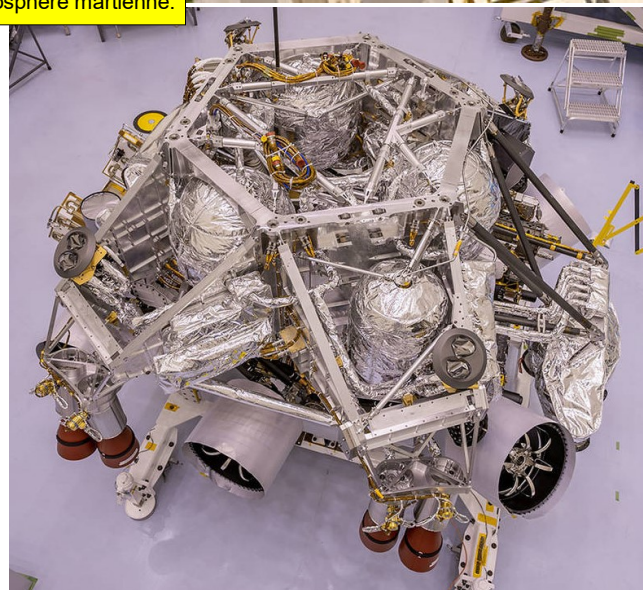
Test de fragmentation large



Une équipe d'intervenants est composée d'experts du Département de l'Énergie, de la NASA, de la Force Aérienne de l'Etat de Floride et du Comté de Brevard ; ils sont tous là pour réagir dans le cas d'un problème lors d'un lancement comme celui de la mission Mars 2020 en juillet prochain. Le Département de l'Énergie sera toujours heureux de poursuivre sa longue collaboration avec la NASA, et de produire des systèmes électriques performants pour des missions scientifiques révolutionnaires.



Coque arrière de protection conique qui englobe le rover et son étage de descente. Elle contient le parachute, et maintient aussi le bouclier thermique pour l'entrée dans l'atmosphère martienne.



Les ingénieurs au Kennedy Space Center en Floride ont commencé l'intégration des sous-ensembles du vaisseau spatial qui doit s'envoler avec une fusée Atlas V United Launch Alliance dans une fenêtre de tir qui commence le 17 juillet 2020. Le processus d'assemblage « véhicule stacking » a démarré le 23 avril avec la liaison du module de descente avec le rover par 3 boulons spéciaux de séparation pyrotechniques. Ces deux systèmes resteront ensemble jusqu'à 20 mètres au dessus de la surface, puis la grue à fils de nylon (7,6 m) descendra le rover jusqu'au sol ; les fils seront coupés lors du touché au sol du rover par un système de rasoir pyrotechnique, et le module de descente pourra s'envoler plus loin.



AL Chen (NASA JPL EDL Phase Lead Perseverance)

Al Chen, ingénieur de la NASA-JPL, n'est pas étranger à l'atterrissage sur Mars. En fait, c'est une sorte d'entreprise familiale. Al et sa femme ont, tous deux, eu la possibilité de poser des engins spatiaux sur la planète rouge. Al Chen sera encore une fois à la barre alors que le rover Perseverance de la NASA fera son entrée, sa descente et son atterrissage dans l'atmosphère martienne. « *D'une manière ou d'une autre, vous allez être sur le terrain en sept minutes* », dit-il. Al Chen dirige l'équipe d'atterrissage pour Mars 2020 : l'entrée, la descente et l'atterrissage consistent



Un parachute robuste est nécessaire pour freiner le vaisseau spatial.



à des endroits impossibles auparavant ». Al a travaillé pour Curiosity pendant 10 ans et a pris de l'assurance depuis, mais il avoue qu'il était trop jeune la première fois pour réaliser ce qui était en jeu. « *Ma femme était au centre de contrôle Insight, dans le même siège où j'étais pour l'atterrissage Curiosity en 2012 ... Beaucoup d'histoire pour nous dans cette salle* ».

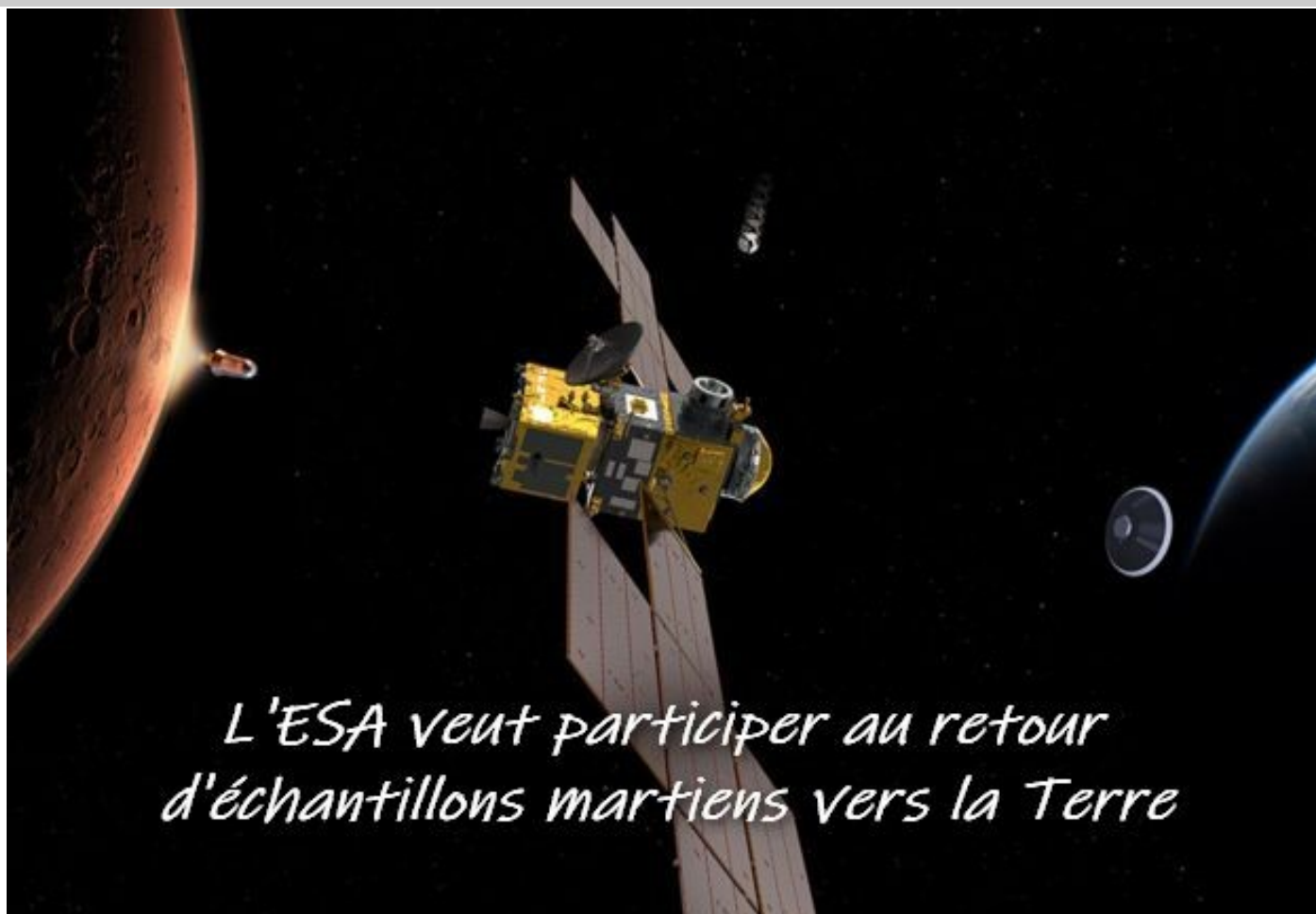


à faire descendre le véhicule du haut de l'atmosphère vers le bas en toute sécurité. « *Le vaisseau arrive dans l'atmosphère martienne à une vitesse proche de 20 000 km/h ; il faut ralentir fortement et c'est le rôle du parachute supersonique, puis le vol propulsé prend le relais ; un nouveau système prendra la suite à ce stade. Il commencera à prendre des images du sol. Cela nous permettra de déterminer où nous en sommes en latitude et longitude ... Maintenant nous avons la possibilité d'atterrir*

**En 2012, Al Chen surveillait l'arrivée de Curiosity sur Mars.**

**Bientôt, il sera de nouveau aux commandes pour conduire et surveiller l'arrivée de Perseverance sur le sol martien.**





## *L'ESA veut participer au retour d'échantillons martiens vers la Terre*



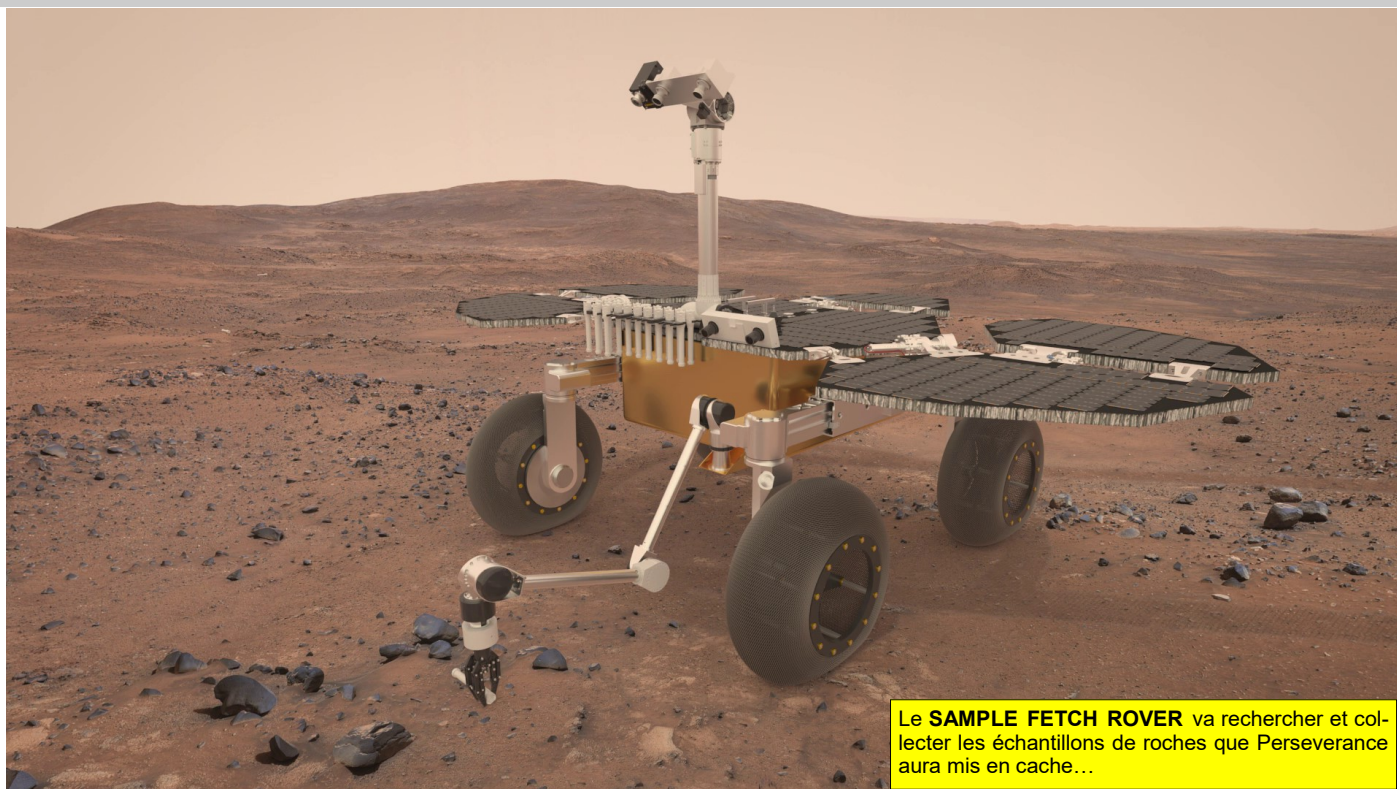
**Earth Return Orbiter** fait partie de la série de missions **Mars Sample Return** de l'ESA, l'agence Spatiale Européenne, pour ramener des échantillons de Mars collectés par le rover Perseverance qui partira en juillet 2020 vers la planète Mars.

**Earth Return Orbiter** (vue d'artiste) : comprend un conteneur de la taille d'un ballon de basket avec les échantillons de Mars, le module d'insertion Orbit, un étage de propulsion chimique pour insérer le vaisseau spatial dans l'orbite de Mars qui est ensuite éjecté pour économiser de la masse lors du retour sur Terre, et la capsule d'entrée pour déposer le conteneur sur Terre.

La campagne de retour d'échantillons de Mars aura besoin de trois lancements depuis la Terre pour accomplir l'atterrissage, la collecte, le stockage et la recherche d'échantillons puis leur livraison sur Terre. Un lanceur de la NASA enverra le **Sample Return Lander** pour atterrir : une plate-forme près du site **Mars 2020**. À partir de là, un petit rover ESA - le **Sample Fetch Rover** - se dirigera pour récupérer les échantillons (préalablement mis en cache par **Perseverance**). Une fois collectés lors de cette chasse au trésor interplanétaire, Le rover de l'ESA reviendra sur la plate-forme d'atterrissage et les chargera dans une seule grande boîte sur le **Mars Ascent Vehicle (MAV)**. Ce véhicule effectuera le premier décollage de Mars et transportera le conteneur sur l'orbite de Mars.



Photos ESA



Lorsque Persévérance atterrira sur Mars, il explorera la région de Jezero Crater pendant plus d'un an. L'une de ses principales tâches consistera à prélever des échantillons dans des cylindres métalliques de la taille d'un cigare, qu'il laissera en surface pour être ramassés à une date ultérieure. Dans le cadre de cette collaboration internationale, l'ESA prévoit de fournir un Sample Fetch Rover sophistiqué qui sera exploité pendant la mission Sample Retrieval Lander de la NASA au milieu de cette décennie.

Voyager sur 53 millions de kilomètres vers Mars, atterrir, collecter des échantillons et lancer un véhicule pour retourner sur Terre est sans précédent. Cette campagne impliquera quatre lancements, dont trois depuis la Terre et le premier lancement depuis une autre planète. Les années 2020-2030 s'annoncent captivantes...

Perseverance est une mission autonome à la recherche de signes de conditions habitables sur notre planète voisine, mais elle fait également partie de la campagne internationale Mars Sample Return que les États membres de l'ESA ont accepté de financer à Séville le 27 novembre 2019 lors de Space19+ (conseil ministériel de l'ESA).

Bien que la campagne complète en soit à ses débuts, les experts scientifiques doivent être sélectionnés dès maintenant afin qu'ils puissent commencer leur formation et travailler aux côtés des équipes scientifiques de Perseverance afin d'améliorer la valeur des échantillons qui seront collectés. Les scientifiques sélectionnés devront également anticiper les besoins des futurs chercheurs qui pourraient analyser ces échantillons pour une gamme très variée d'études sur Terre.

L'ESA a déjà un véhicule prêt à se rendre sur la planète rouge en 2022, mais il va maintenant de l'avant avec un deuxième robot, qui partira en 2026. L'ESA a attribué un contrat B2 avancé à la branche britannique du géant de l'aérospatiale Airbus, qui lui permettra de lancer les technologies nécessaires. Le robot Fetch, qui sera construit au Royaume-Uni, ramassera les cylindres de Perseverance et les emmènera dans un système de fusée qui tirera les échantillons dans l'espace où un satellite attendra pour les capturer et les ramener à la maison.

L'ESA et son homologue américain NASA, veulent expédier le robot Fetch et le système de fusée sur Mars en 2026. Le temps limité signifie que l'ESA a dû compresser ses accords contractuels normaux avec l'industrie et a fait d'Airbus un fournisseur exclusif. D'ordinaire, les entreprises seraient toujours en concurrence ouverte à ce stade d'un projet. « *En raison du calendrier serré, nous avons eu l'idée d'un contrat B2 avancé qui permettra à nos sous-traitants clés sur tous les principaux systèmes de se mettre au travail immédiatement* », a déclaré Ben Boyes, chef de projet d'Airbus.

La différence la plus évidente entre Fetch et le rover Rosalind Franklin 2022 de l'ESA est le système de locomotion. Les rovers de Mars sont traditionnellement des « six-roues ». Fetch n'aura que quatre grandes roues, ce qui lui donnera l'apparence d'un "buggy". Cette décision de conception est contrôlée en partie par les contraintes de volume du système de capsule qui emmènera Fetch et ses équipements associés sur Mars, mais aussi par le type de conduite que le rover devra faire lorsqu'il arrivera au sol.

Les ingénieurs envisagent le robot Fetch de 230 kg comme une sorte de « tout terrain » rapide, parcourant des centaines de mètres par jour sur un sol parfois difficile, alors qu'il recherche et récupère les conteneurs de roches largués par Perseverance. « Les



Les ingénieurs du NASA's Glenn Research Center assemblent le nouveau « pneu » en alliage à mémoire de forme qui sera utilisé par Fetch pour sillonner les sols rocheux de Mars en sécurité.

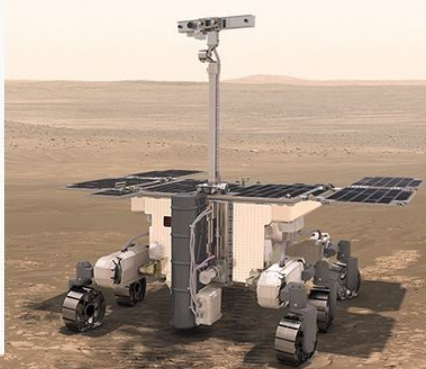


roues sont vraiment assez grandes », a expliqué M. Boyes. « Les roues de Rosalind Franklin mesurent environ 25 cm de diamètre et les roues de Fetch mesurent 70 cm. Mais alors que Rosalind Franklin est une mission d'exploration où une décision peut être prise pour éviter les terrains difficiles, Fetch a un travail très spécifique et sera sous la pression du temps. Il peut avoir besoin de traverser un sol fracturé sans hésitation ». Les roues ont été développées par la NASA dans le Glenn Research Center. Les roues seront montées sur un prototype de rover pour démontrer leur capacité. Ce prototype comprendra également un système de reconnaissance visuelle qui identifie les tubes d'échantillons au sol, un bras robotique de test et un système de préhension pour s'entraîner à les ramasser, ainsi qu'une technologie de navigation autonome pour permettre au véhicule de se déplacer en toute sécurité. Airbus a intégré dans son consortium un grand nombre des meilleures sociétés européennes d'ingénierie spatiale, y compris la société franco-italienne Thales Alenia Space avec laquelle elle aurait peut-être encore été en concurrence lors d'un processus de passation de marchés ESA plus standard. D'autres grands noms incluent l'Italien Leonardo, qui travaille sur le bras robotique et MDA du Canada, la société qui a fabriqué le système de châssis pour le rover Rosalind Franklin.

La phase B2 se poursuivra en 2021, lorsque (en supposant que l'ESA soit heureuse de poursuivre) le projet passera directement à la phase de construction : ce que l'on appelle les phases C et D du projet.

Les ministres européens de l'espace ont approuvé le financement jusqu'en novembre 2022. Ils devront valider davantage de fonds à ce stade, mais on s'attend à ce que le rover Fetch soit construit et prêt à être expédié aux États-Unis en 2025, ce qui amène forcément quelques pressions favorables à la continuité du projet.

L'Europe construira également le satellite en attente orbitale autour de Mars. L'annonce du contrat pour la pro-



Rosalind Franklin, décédée d'un cancer en 1958 à l'âge de 30 ans, a donné son nom au rover 2022 de l'ESA.

**Rosalind Franklin**, physico chimiste britannique, pionnière de la biologie moléculaire, a joué un rôle primordial dans la découverte de la structure de l'acide désoxyribonucléique.



C'est l'astronaute anglais Tim Peake qui a révélé le nom du rover de l'ESA, une suggestion formulée par plus de 36 000 personnes.

chaîne phase de cet élément, appelé Earth Return Orbiter, est imminente.

Le retour d'échantillons de roche de Mars est un projet particulièrement complexe et coûteux (coûtant plusieurs milliards d'euros, qui vont encore faire frémir les ministres des finances), mais si tous les aspects prévus se rejoignent, il est à espérer que les laboratoires sur Terre pourraient examiner de petits morceaux de la croûte de la planète rouge en 2031.



Conteneurs pour échantillons martiens.



# Première mission arabe vers Mars



## La sonde Hope (Amal) :

Poids : 1 350 kg (avec le carburant).  
 Communication radio : antenne de 1,85 m.  
 Dimensions hors tout : 3 x 7,9 m.  
 Panneaux solaires délivrant 600 W électriques.  
 3 capteurs : EMUS, EMIRS et EXI.

THE MOHAMMED BIN RASHID SPACE CENTRE

Les Emirats Arabes Unis vont s'envoler vers Mars avec le projet Hope ; la première mission spatiale arabe sur Mars se prépare à décoller dans quelques semaines. Sept mois, en parcourant 493 millions de kilomètres, pour que la sonde se mette en orbite autour de Mars, et puisse renvoyer de nouvelles données sur son climat et son atmosphère. La responsable scientifique du programme, Sarah Al-Amiri, a déclaré que le projet devrait être une incitation majeure pour les jeunes scientifiques arabes à se lancer dans une carrière en génie spatial. Nommé Amal (Hope, ce qui signifie espoir), l'engin robotique devrait décoller d'une île japonaise isolée, Tanegashima, lors d'une étroite fenêtre de lancement le 14 juillet. Propulsé par une fusée japonaise, il embarquera trois types de capteurs pour mesurer la composition complexe de l'atmosphère de Mars. Il s'agit notamment d'une caméra multibande haute résolution pour mesurer la poussière et l'ozone de la planète ; le second sera un spectromètre infrarouge pour mesurer la basse atmosphère et développé conjointement avec l'Arizona State University, l'une des trois universités partenaires du projet aux États-Unis et le troisième capteur sera un spectromètre ultraviolet pour mesurer les niveaux d'oxygène et d'hydrogène. Mme Al-Amiri a déclaré que l'un des axes de la recherche sera de voir comment ces deux éléments,



Les chefs de projet des Émirats Arabes Unis travaillant sur la mission ont rappelé au monde qu'il y a huit siècles, les inventeurs et intellectuels arabes étaient à la pointe de la découverte scientifique.

Aujourd'hui, le souverain de Dubaï, l'un des sept émirats qui composent les Émirats Arabes Unis, espère que ce projet ambitieux ravivera un sentiment de fierté culturelle et aidera la région à se diversifier loin de sa dépendance à l'égard de l'industrie pétrolière.

Pourvu qu'il atteigne Mars, Hope arrivera sur la planète rouge la même année que les Émirats Arabes Unis fêteront leurs 50 années depuis leur fondation en tant que nation en 1971.

**Personne ne peut accuser le pays de manquer d'ambition : il a promis de construire un établissement humain sur Mars d'ici 2117.**



Le prince Sultan Bin Salman Al-Saud, a volé avec Patrick Baudry sur la navette spatiale (mission STS-51g).

essentiels pour l'eau, s'échappent de la planète. Les Émirats arabes unis ont un historique de voyages spatiaux : ils ont envoyé des satellites en orbite autour de la Terre, et l'un de ses astronautes à la Station Spatiale Internationale.



## Les satellites de PLANET visent une vision encore plus nette de la Terre.

Lorsque SpaceX lancera un autre lot de ses satellites Starlink dans les prochains jours, trois vaisseaux spatiaux de la société Planet seront du voyage dans la même fusée Falcon pour la mise en orbite. Ces sociétés, SpaceX et Planet, exploitent désormais les plus grandes constellations commerciales au-dessus de nos têtes. SpaceX a plus de 450 satellites, et Planet en a plus de 150...

SpaceX cible les communications à large bande. Planet est entièrement consacrée à l'observation de la Terre, et ce prochain lancement marque une étape importante pour le développement de la société. Ces trois prochaines plateformes qui partent avec SpaceX iront dans le réseau SkySat de Planet qui comprend déjà 15 de ces vaisseaux spatiaux. Les satellites ont été abaissés ces derniers mois de 500 km d'altitude à 450 km, pour augmenter leur résolution. Ils voient maintenant tout détail caractéristique de la surface de la Terre supérieur à 50 cm. Avec l'ajout du trio qui va bientôt être lancé, et trois autres environ un mois plus tard, Planet aura alors 21 des imageurs haute résolution qui encercleront le globe. À ce stade, les SkySats pourront voir n'importe quel endroit au sol (si les nuages le permettent) en moyenne sept fois par jour ; aux latitudes moyennes, comme chez nous par exemple, des images ultra-nettes seront disponibles jusqu'à 12 fois par jour... Aucun autre réseau ne s'en rapproche en termes de visites répétées avec cette résolution de 50 cm. Et avec les petits satellites de la « chaîne de perles » (string of pearls) de Planet, appelés Doves, qui photographient une fois par jour



Salle de construction des « Skysat » : ambiance de « geek » chez Planet...

toute la surface de la Terre à une résolution de 3,7 m, la société est désormais bien à l'ère de la « veille constante ».



Will Mashall : PDG britannique et cofondateur de Planet.

« Ce sont deux systèmes sympas », explique Will Marshall, PDG britannique et cofondateur de Planet. « Les colombes » (doves) scannent la Terre et sont utilisées pour surveiller des phénomènes à grande échelle, tels que l'agriculture et la déforestation ; tandis que les SkySats sont destinés au pointage et à la tâche, où vous avez besoin d'images à plus haute résolution pour des choses comme la création de cartes... d'où notre partenariat avec Google ».

Planet met actuellement son portail, le tableau de bord, à jour afin que les clients l'utilisent pour commander les images qu'ils souhaitent. « Cela met l'humain hors de la boucle. Auparavant, un membre du personnel de l'entreprise prenait la demande et programait le satellite... le tableau de bord fera désormais le travail directement ».

Google travaille sur ces cartes auto-réparatrices où, si quelqu'un remarque qu'une carte est obsolète, déclenche automatiquement une nouvelle collecte SkySat qui produit une nouvelle image, reconnaît automatiquement les bâtiments et les routes, puis met automatiquement la carte en place. « Nous voulons permettre ce type de fonctionnement et la fourniture automatisée d'images à plus de personnes que les clients très sophistiqués comme Google », a déclaré W. Marshall.

Les satellites d'observation de la Terre renvoient actuellement une quantité étonnante de données. Les archives des grandes agences et sociétés spatiales se remplissent de pétaoctets d'informations (un pétaoctet équivaut à peu près à 200 000 DVD couramment utilisés). L'imagerie optique et proche infrarouge (essentiellement, ce que nous voyons avec nos yeux et juste au-delà aux plus grandes longueurs d'onde de la lumière) est la pierre angulaire de l'observation terrestre et, de plus en plus, elle figurera dans les applications quotidiennes sur le Web et sur les smartphones des gens.

Les 150 « colombes » de la taille d'une boîte à chaussures de Planet sont remplacées par une nouvelle génération de petits satellites qui doublent, de 4 à 8, le nombre de bandes de couleur enregistrées sur les capteurs de leur caméra. Plus de 20 de ces nouvelles « Super Doves » devaient s'élancer sur une fusée européenne Vega courant juin.

Planet exploite les tout derniers processeurs, capteurs, radios et autres technologies de composants pour pousser les capacités des satellites. Les vaisseaux spatiaux sont lancés et retirés à une cadence élevée.

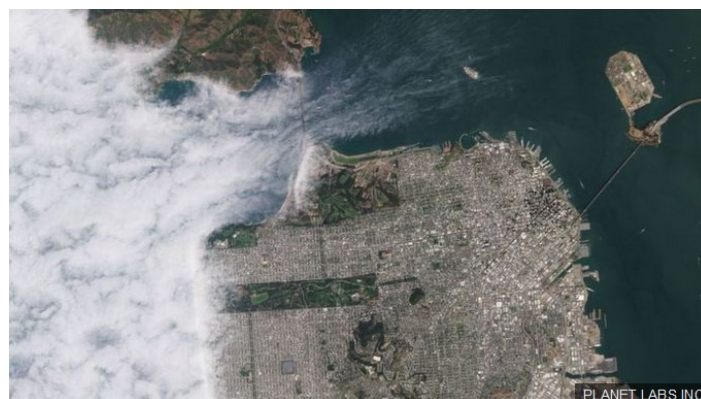
W. Marshall :

« Tout comme vous changez votre smartphone de plus de trois ans, nous ne voulons pas d'engins spatiaux en orbite de plus de trois ans .... Planet est une entreprise d'information. Il s'agit de fournir des informations qui aident les gens à prendre des décisions, et c'est ce qui compte ».



**Photo du haut** : le Southern Museum of Flight à Birmingham, Alabama, rendu à la résolution de 80 cm (ancienne capacité).

**Photo du bas** : même chose mais à la nouvelle résolution de 50 cm, qui est le standard « Skysat » désormais.



**SAN FRANCISCO, Californie** : vu par Skysat où est basée Planet.

« La plupart de nos utilisateurs ne se soucient pas du satellite d'où proviennent les informations ni de la façon dont ils les ont obtenues. Ils se soucient simplement de la façon dont cela les aide : en tant qu'agriculteur pour les aider à optimiser et à réduire la quantité d'engrais sur leurs terres, ou comme un gouvernement civil pour surveiller les réglementations et leur application, ou comme garde-côte pour aider à mettre fin à la pêche illégale ».

**« Nous essayons de rendre l'observation terrestre de plus en plus facile, de démocratiser son utilisation ... et d'en tirer profit ».**

## Comment est ressenti le départ vers l'espace par un astronaute ?

Décollage de la Falcon de SpaceX avec Douglas Hurley et Robert Behnken à bord le 30 mai 2020 à 19h22 TU



**Les lancements spatiaux ne se déroulent pas toujours sans problème, comme le montrent les retards du lancement inaugural de Crew Dragon fin mai dernier. Qu'est-ce que ça fait d'être assis dans une capsule attachée à une fusée quand les choses ne se passent pas comme prévu ?**

Nous sommes le 26 juin 1984. Le spécialiste de la mission, Mike Mullane, est allongé dans son canapé dans le cockpit de la navette spatiale Discovery. Ce sera le 12ème vol du programme de la navette spatiale, mais le premier de Discovery et Mullane. Le vaisseau spatial amélioré vient de sortir d'usine : les surfaces brillantes, exemptes de rayures, les écrans polis et les commandes intactes.

Mullane, le vétéran de 134 missions de combat de l'US Air Force au Vietnam, a été sélectionné comme membre du premier groupe de recrues de la navette. Il s'est entraîné pendant six ans pour cette mission. Mais il a à peine dormi ou mangé un petit-déjeuner. Il a également pris la précaution d'acheter trois polices d'assurance-vie distinctes.

La tentative de lancement de la veille ayant été annulée au cours des 20 dernières minutes du compte à rebours en raison d'un problème informatique, tout l'équipage est nerveux au fil des se-



30 août 1984, Discovery s'élance du Pad 39-A devant le reflet du Soleil sur l'océan Atlantique (mission STS-41D).

condes. Un seul des six astronautes, le commandant Hank Hartsfield, a déjà volé. Les autres - y compris Judy Resnik, qui se prépare à devenir la deuxième femme américaine dans l'espace - n'ont pas encore gagné leurs épingles d'astronaute en or.



Commander : Henry W. Hartsfield, Jr.,  
Pilot : Michael L. Coats,  
Mission Specialist : Judith A. Resnik, Steven A. Hawley, Richard M. Mullane,  
Payload Specialist : Charles D. Walker.

« Deux émotions m'ont saisi dans ce cockpit », dit Mullane, « Une, la peur, vous craignez pour votre vie, mais

*l'autre était une joie sans limite parce que c'est un désir, toute la vie, pour les astronautes de voler dans l'espace* ». Dans son autobiographie révélatrice, Mullane écrit que si la navette explosait, il voulait que ce soit quand ils étaient à plus de 50 miles (80 km) là-haut pour qu'ils meurent officiellement en astronautes.

Le cœur de Mullane bat à toute allure alors que le compte à rebours atteint 10 secondes et que des centaines de kilos de propulseur par seconde inondent les chambres de combustion de la fusée. À six heures, les moteurs rugissent et Discovery tend les boulons qui la maintiennent encore au Pad. Seuls les deux boosters de fusée solides, deux pétards d'artifice géants attachés sur le côté, sont encore silencieux. Une fois qu'ils s'enflamment, il n'y a plus de retour possible. Les astronautes sont bien conscients que si quelque chose se passe mal, la navette n'a pas de sièges éjectables, et pas d'autres moyens d'évasion pour évacuer l'équipage d'un enfer. Une fusée sans système d'évacuation viable, mais vous devez avoir confiance : il y a beaucoup de gens qui ont fait tout ce qui était humainement possible pour s'assurer que la sécurité soit maximale. Mais l'alarme principale retentit.

Les familles des astronautes regardent avec inquiétude depuis le toit du centre de contrôle de lancement à environ cinq kilomètres. Il y a eu un flash lumineux et le Pad semble être envahi par les flammes.

Dans le cockpit, les vibrations s'arrêtent lorsque les moteurs deviennent silencieux. Mais qu'en est-il des boosters solides ? S'ils s'allument maintenant, le vaisseau spatial sera la proie des flammes, et déchiré par l'énorme explosion qui suivra. « *Je ne sais pas combien de secondes se sont écoulées, mais on pouvait entendre [sur l'intercom], qu'il y avait un incendie à la base du véhicule* », explique Mullane, « *cela a attiré notre attention... nous étions assis sur une fusée contenant des tonnes de propulseur* ».

Préoccupé par le contrôle du lancement, l'équipage est invité à s'asseoir et à attendre les instructions, mais il pouvait y avoir un incendie avec l'hydrogène sur le côté du vaisseau, mais qui leur restait invisible. La navette est plongée dans un déluge d'eau. Finalement, l'équipage peut quitter le vaisseau spatial et retourner au sol, trempé, mécontent - attention à ne pas le montrer devant les caméras - mais prêt à voler un autre jour. Ce vol inaugural de Discovery a été une chose très écourtée. Ce que l'équipage ne savait pas, c'est que lorsque les deux propulseurs à propergol solide se sont allumés puis éteints, des gaz chauds avaient commencé à pénétrer les joints entre les segments d'assemblage, et brûler les joints en caoutchouc. Quelques minutes de plus et les boosters auraient explosé, détruisant le vaisseau spatial. À peine 18 mois plus tard, le même échec a tué sept astronautes, dont Judy Resnik, dans la catastrophe du Challenger.

Après avoir attendu six ans pour un vol, Mullane était prêt à attendre encore un peu. Ce n'est que lors de la quatrième tentative de lancement, trois mois plus tard, que Discovery quitte enfin la Terre et fait le voyage de huit minutes pour sa mise en orbite. Un incident survenu lors de la deuxième mission de Mullane en 1988 a révélé un autre défaut dans la conception de la navette spatiale : juste après le lancement, la pointe du cône avant de l'un des propulseurs s'est détachée et a percuté le fuselage du



Discovery a été la première navette à être retirée du service...

vaisseau spatial. En orbite, le contrôle de mission a assuré à l'équipage que le problème était mineur. Au retour de la mission, les ingénieurs ont cependant été choqués par la gravité des dégâts. Il n'y avait rien de routinier dans ces vols dans l'espace et chaque lancement était l'équivalent d'un vol d'essai expérimental. Mullane a fait sa dernière mission en 1990 et s'est retiré de la NASA peu après.

Le vaisseau Dragon de SpaceX est une machine très différente de la navette. Au-delà des écrans tactiles futuristes et des matériaux de construction innovants, la conception fondamentale remonte aux premiers jours du vol spatial.

Une capsule montée au sommet d'une grande fusée à plusieurs étages alimentée en propergols liquides. Contrairement à la navette, les tests du lanceur Dragon et Falcon ont été beaucoup plus rigoureux. Un système d'évacuation est au cœur de la conception, avec des fusées pour faire s'envoler la capsule de l'équipage loin du lanceur ou d'une explosion sur le Pad.

Mullane : « *J'envie l'enfer de ces gars qui ont pris ce vol !* »

# C'est arrivé ce jour-là...

## Juillet 1910, il y a 110 ans

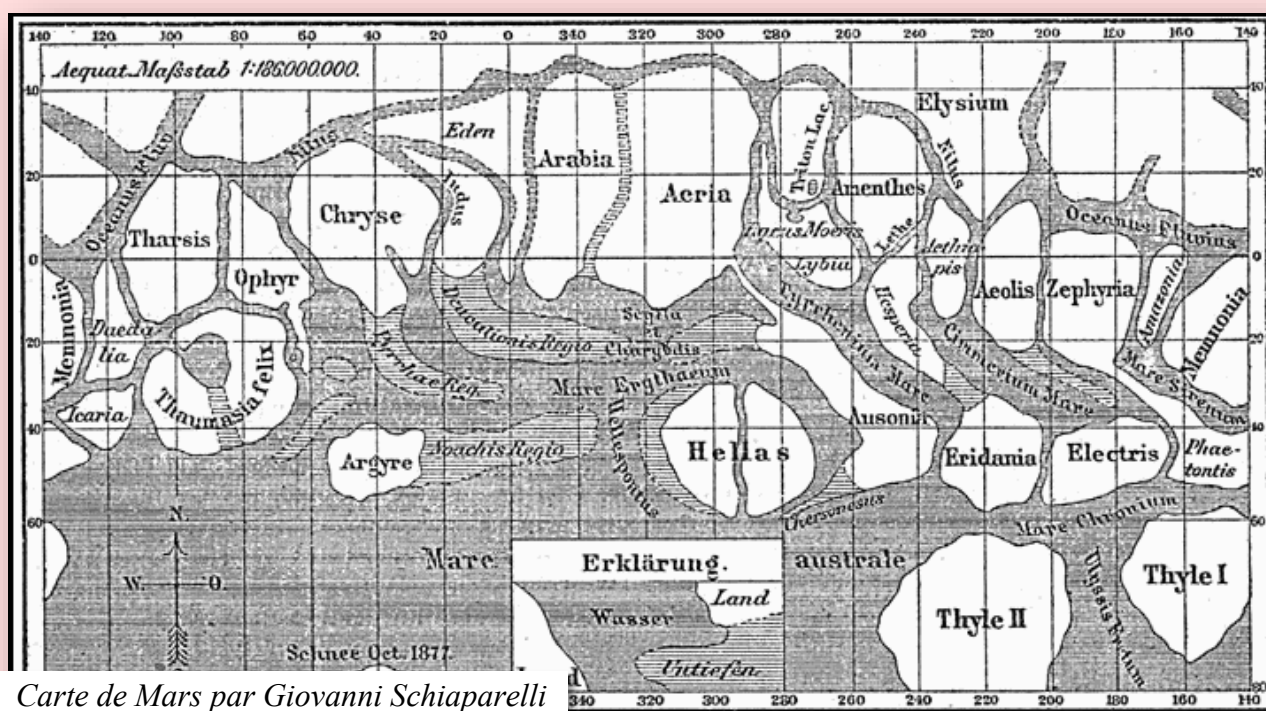
Giovanni Schiaparelli est né le 14 mars 1835. Il étudie à l'université de Turin, à l'observatoire de Berlin et enfin, pendant quarante ans à l'observatoire de Brera, un quartier historique de Milan. Il observe les objets du système solaire, mais surtout, il se passionne pour la planète Mars dont il nomme les mers (les régions sombres, *mare*) et les continents (les régions claires, *terra*). Début 1877, il croit voir des structures rectilignes sur la planète rouge : ils les nomment « chenaux », canaux. En 1879, il croit observer leur dédoublement. D'autres astronomes de renom les observent également : Eugène Antoniadi, Percival Lowell. Naturellement, certains commencent à penser que les canaux, improprement traduits par canaux, sont artificiels et donc construits par une civilisation martienne. Schiaparelli n'ira jamais jusque-là : il restera prudent. En 1882, dans la revue *l'Astronomie*, il écrit : « *Dans l'état actuel des choses, il serait prématuré d'émettre des conjectures sur la nature des canaux.* » En revanche, ses cartes de la surface de Mars, établies durant les oppositions successives de la planète, de 1878 à 1882, montrent des canaux rectilignes qui n'offrent que peu d'alternatives à leur nature artifi-



Giovanni Schiaparelli (1835 - 1910)

cielle. Giovanni Schiaparelli est aussi le premier à comprendre et à démontrer le lien qui existe entre les comètes et les pluies d'étoiles filantes, notamment les Perséides (avec un maximum entre le 11 et le 15 août) et les Léonides (maximum vers la mi-novembre).

Il nous quitte le 4 juillet 1910 à Milan.



Carte de Mars par Giovanni Schiaparelli

## Août 1898, il y a 122 ans

(433) Eros est un astéroïde découvert par l'astronome français Auguste Honoré Charlois et Carl Gustav Witt de façon indépendante le 13 août 1898. C'est l'astronome allemand qui déclare le premier la découverte. Gustav Witt effectuait des calculs astrométriques sur la position de l'astéroïde (185) Eunice et il découvre, sur les photos, un nouvel objet de magnitude 11. Cette même nuit, Auguste Charlois photographie aussi cette région du ciel, mais, contrairement à l'astronome allemand, il n'exploite pas de suite ses clichés. Le 14 août étant un dimanche et le 15 est férié, la découverte d'Auguste Charlois arrive avec quelques jours de retard sur celle annoncée par Gustav Witt. Deux semaines plus tard, le calcul de l'orbite préliminaire de l'astéroïde montre qu'il est atypique, car son périhélie (le point de son orbite le plus proche du soleil) se trouve au niveau de l'orbite de la Terre, c'est le premier

astéroïde géocroiseur. L'analyse de photos antérieures montrent qu'il avait déjà été photographié en 1893 et même qu'il s'était approché de la Terre en 1894. C'est aussi le premier astéroïde à porter le nom d'une divinité grecque masculine puisque, jusque-là, les noms attribués aux astéroïdes étaient exclusivement féminins. Lors de ses nombreuses approches de la Terre, Eros a fait l'objet d'observations détaillées, depuis les observatoires au sol et par la sonde NEAR Shoemaker de la NASA qui s'est mise en orbite autour de l'astéroïde le 14 février 2000 et s'y est posée le 12 février 2001. Eros est un astéroïde de type S, S comme silicates. Il a une forme irrégulière, de 34,4 km de long sur 11,2 x 11,2 km. Comme beaucoup d'astéroïdes, il possède un rétrécissement central. Sa surface cratérisée est recouverte par une couche de régolithe (la couche de poussières superficielle) sur une épaisseur

comprise entre 10 et 100 m. On pense qu'Eros est le fragment d'un corps préexistant et qu'il s'est formé dans la partie intérieure de la ceinture principale des astéroïdes. Il aurait quitté cette zone il y a 16 millions d'années pour devenir un géocroiseur. Des analyses orbitales et spectroscopiques indiquent qu'il ferait partie de la famille de (170) Maria, qui constitueraient les autres fragments du corps parent, une famille d'astéroïdes dont l'inclinaison des orbites est typiquement comprise entre 12 et 17°. Cette famille est composée de 12 membres.



# Les Céphéïdes (3)

## La mesure des distances

*Gilles & Lionel*

Dans les articles précédents nous avons abordé l'étude des céphéïdes du Petit Nuage de Magellan par Henrietta Leavitt au début du XX<sup>e</sup> siècle (Albireoscope n°89, février – mars). Cette étude a mené à l'élaboration de la relation période-luminosité qui lie la fluctuation de l'éclat de ces étoiles variables à leur puissance lumineuse (Albireoscope n°90, avril – mai). A partir de la relation qui lie la période de variation à la puissance intrinsèque de l'étoile (la magnitude absolue), il devient possible d'utiliser les céphéïdes comme indicateurs de distance. C'est ce qu'a fait Edwin Hubble pour déterminer la distance de notre galaxie voisine, M31, la galaxie d'Andromède. Dans la nuit du 5 octobre 1923, débute une recherche systématique des céphéïdes dans M31 avec le télescope de 2,50 m du mont Wilson. Il prend des photos avec des poses unitaires de 45 min. A la fin de l'année 1924, Edwin Hubble a déjà identifié 36 étoiles variables dont 12 céphéïdes. En 1929, il a identifié 40 céphéïdes. En observant leur période de variation, il peut calcu-



*Le télescope Hooker de 2,50 m du mont Wilson*



ler leur magnitude absolue et, en la comparant à leur magnitude visuelle, il peut estimer leur distance. Mais ce qu'il ignore, c'est qu'il existe deux types de céphéides : le type I, dans le plan de notre Galaxie, c'est aussi le type observé par Henrietta Leavitt dans le Petit Nuage de Magellan, et le type II, dans les amas globulaires, celles dont s'est servi Harlow Shapley pour calibrer la relation d'Henrietta Leavitt. Ces dernières sont moins brillantes mais sont moins affectées par le rougissement que les céphéides du plan galactique. La formule période-luminosité élaborée à partir de céphéides du type I, calibrée avec des céphéides de type II, minore donc toujours les distances. C'est pourtant avec cette formule, qu'en 1929, Edwin Hubble évalue la distance de la galaxie d'Andromède, M31. Avec la relation (erronée) de Shapley il calcule la distance de la galaxie d'Andromède : 900 000 al. D'un seul coup, l'Univers dépasse les limites de la Voie Lactée, M31 est une galaxie à part entière. Il met fin au « grand débat » sur les univers-îles entre Harlow Shapley (contre) et Herbert Curtis (pour) [1], les partisans de Herbert Curtis gagnent, la Voie Lactée n'est qu'une galaxie parmi beaucoup d'autres.

### La formule évolue, l'Univers change encore de taille

C'est Walter Baade, qui, en 1944, différencie les deux types de céphéides. Le type I, dont le prototype est Delta Cephei, des étoiles jeunes, celles qu'Henrietta Leavitt a étudiées dans le Petit Nuage de Magellan. Le type II, des étoiles plus vieilles que l'on trouve dans les amas globulaires. Pour une même période, les Céphéides de type II sont moins lumineuses que celles de type I, l'écart en magnitude vaut 1,5. En 1952, Walter Baade effectue une nouvelle calibration de la relation en tenant compte des deux types de céphéides, il révolutionne la cosmologie, les distances augmentent d'un facteur 2, la galaxie d'Andromède se trouve à 2 millions d'années-lumière. Mais surtout, il donne une nouvelle valeur à la constante de Hubble et obtient un nouvel âge à l'Univers.

En 1997, le satellite Hipparcos mesure la distance de plusieurs céphéides par la méthode de la parallaxe et cette nouvelle calibration donne la formule couramment retenue de nos jours

$$M_v = -2,81 \log P - 1,43$$

-2,81, obtenu par 81 céphéides du Grand Nuage de Magellan

-1,43, obtenu par 210 céphéides de la Galaxie.

En 2019, le télescope spatial Hubble observe les céphéides du Grand Nuage de Magellan. La constante de Hubble est alors évaluée à  $74,03 \pm 1,42$  km/s/Mpc. L'âge de l'Univers est lié à la constante de Hubble et, avec cette valeur, notre Univers est âgé de 13,2 milliards d'années.

### Du côté de chez Sadr

Depuis maintenant plusieurs mois, Gilles relève la magnitude changeante des céphéides du Petit Nuage de Magellan pour voir si, en tant qu'amateurl, nous pouvons nous aussi appliquer toute cette démarche afin d'obtenir une formule qui nous permette de déterminer des distances de manière réaliste. Les étoiles observées par Henrietta Leavitt au début du siècle dernier sont toujours variables (voir Albireoscope n°89, février – mars). La diversité des céphéides nous permet nous aussi d'élaborer une formule période-luminosité (Albireoscope n°90, avril-mai).

$$m = -2,62 \log P + 17,37$$

Cette formule lie la période de variation de luminosité P (en jours), à la magnitude visuelle m de l'étoile. Mais à ce stade, rien ne permet de mesurer quelque distance que ce soit, car d'une part nous ne connaissons ni la magnitude absolue des étoiles (un paramètre qui permet d'évaluer leur véritable puissance), ni leur distance. Cette formule n'est donc valable que pour les céphéides situées dans le Petit Nuage de Magellan. Pour en faire une formule universelle, il faut la calibrer.

Ne pouvant évaluer nous-même la distance réelle d'une céphéide par la méthode de la parallaxe, nous utilisons les données réalisées par les astronomes professionnels pour calibrer notre formule. Nous aurions pu utiliser l'étoile polaire, Polaris qui est une céphéide, mais c'est un cas atypique dont les variations de luminosité sont loin d'être régulières. Nous nous sommes donc tournés vers le prototype même des céphéides : Delta Cephei.

Cette étoile se trouve à 890 al dans la constellation de Céphée. Elle voit sa magnitude fluctuer entre les magnitudes 3,6 et 4,3 sur une période de 5,36634 jours. Il est aisé de calculer la magnitude absolue de Delta Cephei : -3,23 (elle est donc près de 2000 fois plus lumineuse que le Soleil dont la magnitude absolue est égale à 5). Ces données nous permettent de calibrer notre formule qui devient :

$$M = -2,62 \log P - 1,32$$

$$M = -2,1 \log P - 0,6 \quad (\text{la formule d'Edwin Hubble})$$

$$M = -2,81 \log P - 1,43 \quad (\text{la formule actuelle})$$

En utilisant une autre relation chère aux astronomes, qu'on appelle le module de distance

$$\mu = m - M = 5 \log d - 5$$

et qui permet de lier trois paramètres fondamentaux que sont la magnitude visuelle, la magnitude absolue et la distance, on peut transformer notre relation période – magnitude absolue, en relation période – distance : c'est justement le Graal tant recherché...

$$d = 10^{\frac{m+2,62 \log P+6,32}{5}}$$

avec d en parsec (1 pc = 3,26 al)

Si nous appliquons cette formule avec comme paramètres, la période de variation et la magnitude visuelle d'une céphéide nous pouvons calculer sa distance.

A partir des 20 céphéides du Petit Nuage de Magellan suivies par Gilles, nous trouvons comme distance moyenne : 180 000 al. Les premières estimations des astronomes du siècle dernier, avec une formule mal calibrée, donnait une distance de 30 000 al. Les mesures actuelles mettent le Petit Nuage de Magellan à 199 000 al du Soleil.

Nous pouvons aussi calculer la distance de la galaxie M31 à partir de la première céphéide découverte par Edwin Hubble dans la galaxie d'Andromède. La céphéide V1, a une magnitude visuelle moyenne de 19,4 et sa période de variation vaut 31,4 jours. Ces valeurs placent la galaxie d'Andromède à 2,8 millions d'années-lumière du Soleil. Des résultats qui concordent avec la réalité et qui montrent qu'avec de la rigueur, même les amateurs peuvent effectuer des observations de qualité qui mènent aux résultats qui étaient à la pointe des recherches des astronomes du siècle dernier et qui sont à l'origine d'une révolution dans le monde de l'astronomie : la cosmologie.

[1] « Le grand débat », en podcast, « en route vers les étoiles », saison 15 épisode 6



M31 avec le T355 du Chili, Sadr, Gilles



*Jean-François, depuis l'observatoire de Saint Véran  
« Touch of Venus », récompensée image du jour du 15 mai sur l'AAPOD2*

*La coupole du T62, un télescope de 62 cm installé dans les années 60...*

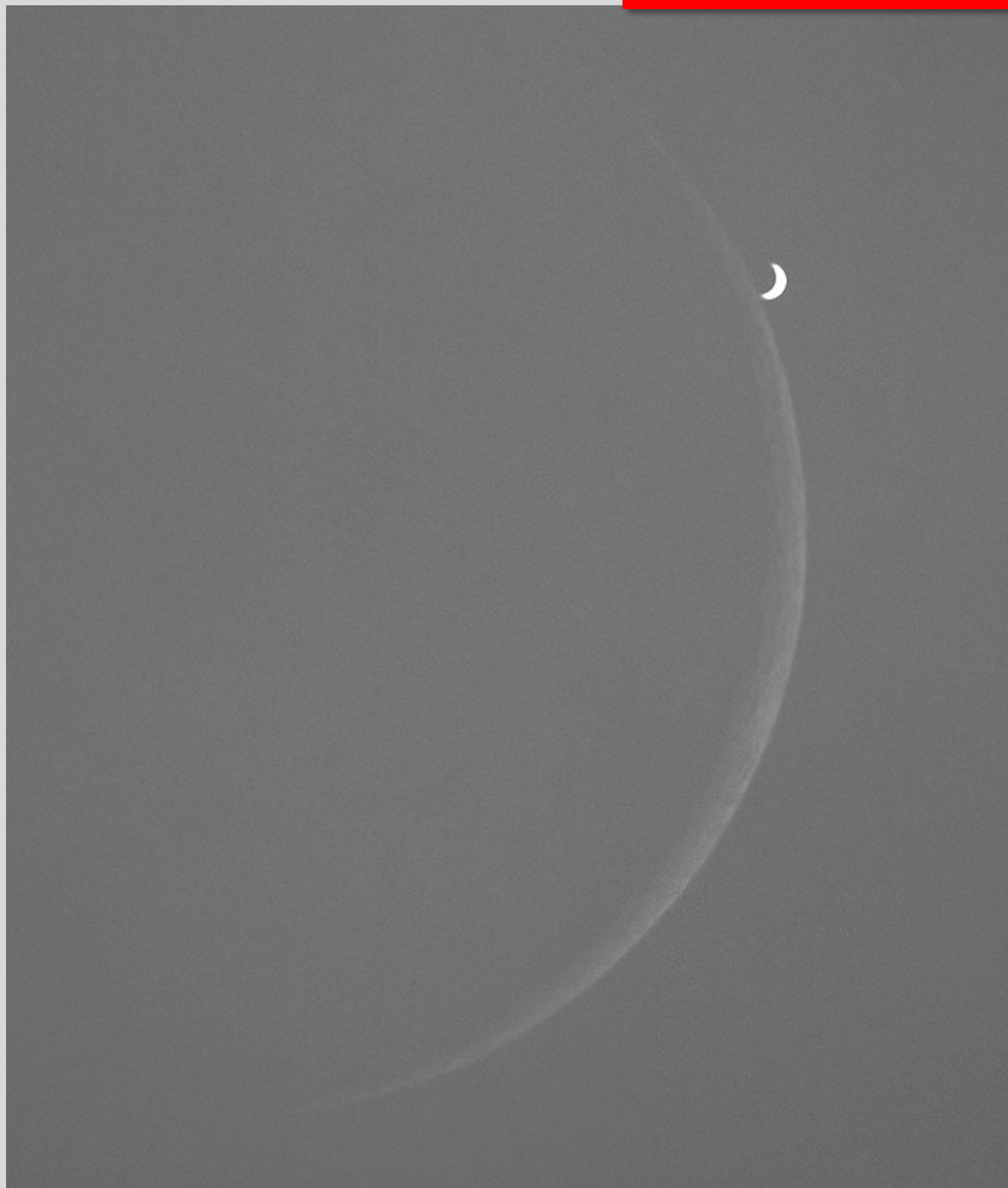




# Galerie

Vénus et la Lune

Jean-Paul



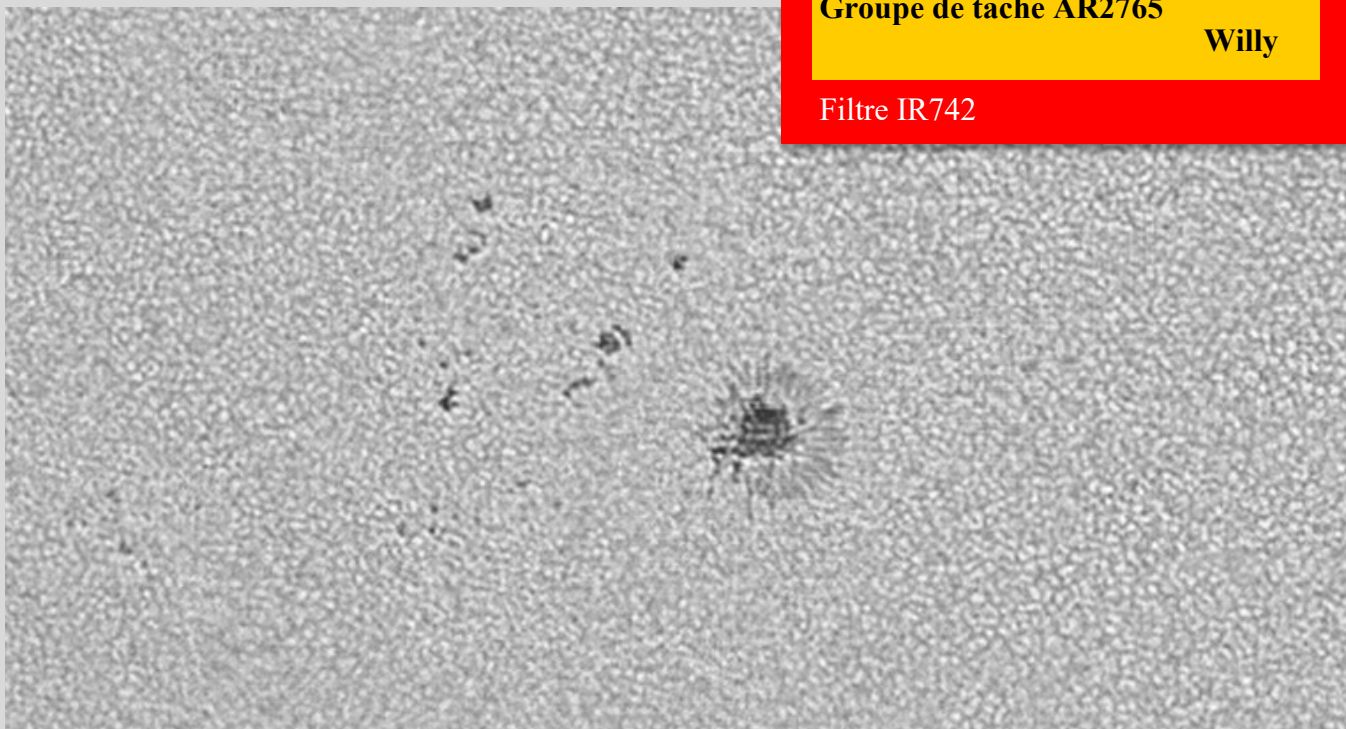
Soleil en Ha Jean-Paul



**Groupe de tache AR2765**

**Willy**

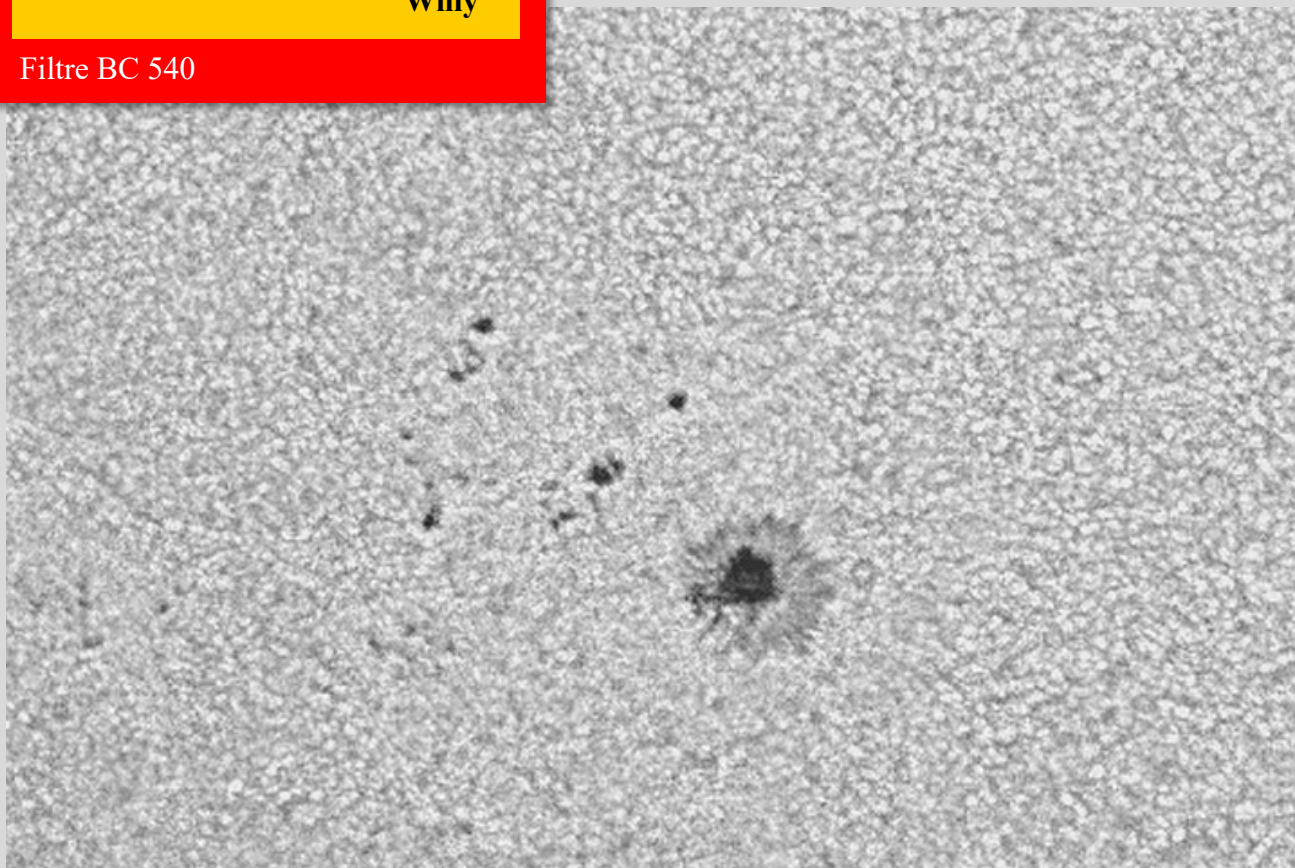
Filtre IR742



**Groupe de tache AR2765**

**Willy**

Filtre BC 540



Soleil en Ha    Jean-Paul



Jean-Paul\_2020©Desgrees.com

20.05.20

**Albireo78**  
saison 2019-2020



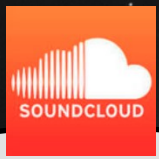
www.albreo78.com

2 réunions par mois  
**Des présentations**  
Des actus astro  
Des exposés  
**Des ateliers astro**  
Niveau 1 pour utiliser et maîtriser son instrument  
Niveau 2 pour se lancer en astrophotographie  
Niveau 3 pour faire de la « science »  
**Débutants ou plus confirmés pour 35€ / an**



**Observations**  
Gratuites et pour tous à Poigny-la-Forêt

**Newsletter**  
168 abonnés



**« En route vers les étoiles »**  
Notre émission radio  
15 saisons, 154 émissions,  
545 chroniques scientifiques

**Soundcloud**  
255 abonnés



**SADR**  
Notre observatoire en remote  
www.sadr.fr

**DSO**  
Deep Sky Objects Browser



**L'Albireoscope**  
48 abonnés