

107

www.albireo78.com

octobre 2023

Albireo⁷⁸

L'ALBIREOSCOPE

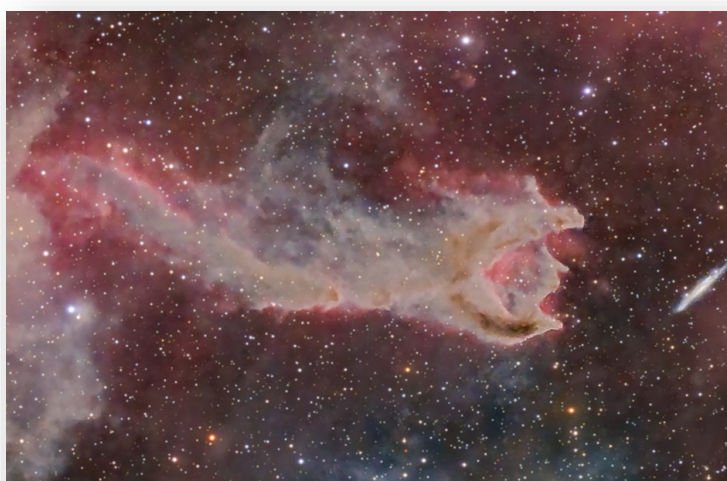


$E = m c^2$

ici et ailleurs - jumelles OYNI-B. essai

Observatoire Sadr

en couverture



Globule cométaire CG4

Constellation : Poupe

Instrument : lunette 71 mm

Image : Ha L R V B

Total : 40 h

**Observatoire Sadr,
Patrick, Emmanuel, Loïck**

Cette grande nébuleuse est située à 1300 al de la Terre. C'est une véritable pouponnière d'étoiles. La concentration de matière est en fait ce que les astronomes appellent un globule de Bok, du nom de Bart Bok, astronome néerlandais-américain qui les a observés pour la première fois dans les années 1940. Dans le cas de CG4, la forme du globule évoque une comète de 1,5 al de large avec une « queue » de 8 al de long.

Sommaire

4



$E=mc^2...$

Michel

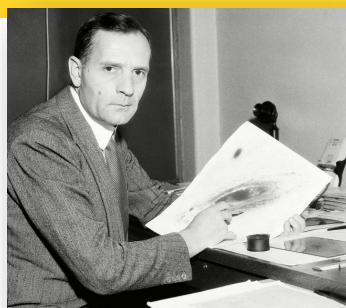
8

Ici et ailleurs...

Michel



32



C'est arrivé ce jour-là...

36

OVNI Night Vision

essai



38



Galerie photos



Cette image est celle du champignon atomique qui résulte de l'explosion de la bombe à hydrogène du test Ivy Mike réalisé en 1952. Une affaire qui a libéré 10,4 mégatonnes d'énergie en tirant parti de la technologie de la bombe à fusion.

L'écrasante majorité de cette énergie a été libérée par la conversion de la masse en énergie : environ 484 grammes de masse...

Introduite pour la première fois en 1905, l'équation la plus célèbre d'Einstein, $E = mc^2$, donne la formule mathématique reliant l'énergie à la quantité de masse au repos inhérente à un objet.

Au fil du temps, l'équation en est venue à décrire la création et l'annihilation du couple particule-antiparticule, l'énergie libérée par les réactions de fission, et de fusion nucléaire, et bien plus encore.

Mais $E = mc^2$ ne décrit que "l'énergie de masse au repos" des particules ou objets massifs. Si ces particules ou objets sont en mouvement ou n'ont aucune masse au repos, l'autre moitié de l'histoire est absolument essentielle.

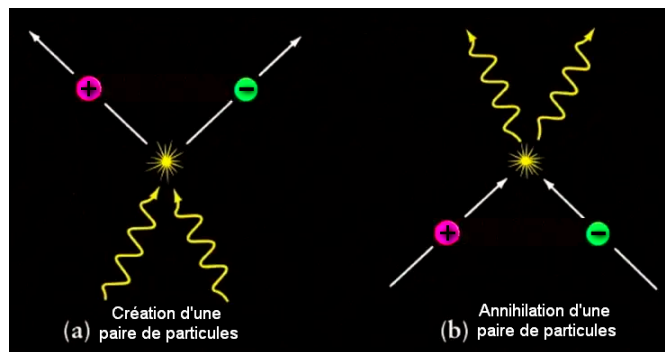
L'une des découvertes les plus profondes de toute la physique en ce début de 20ème siècle a été résumée par l'équation la plus célèbre d'Einstein :

$$E = mc^2.$$

Tout simplement, elle stipule que l'énergie est égale à la masse d'un objet multipliée par la vitesse de la lumière au carré (c devient ici une constante fondamentale de la physique). Cette relation mathématique apparemment simple contient une énorme quantité de physique, notamment :

- Si vous avez une certaine quantité d'énergie disponible, vous pouvez créer spontanément de nouvelles paires de particules matière-antimatière tant que leur masse au repos est inférieure à la quantité d'énergie nécessaire pour les créer,
- Si une paire de particules matière-antimatière s'annihile, elles produiront une quantité spécifique d'énergie donnée par la masse de la paire de particules qui s'est annihilée.
- Chaque fois que vous avez une réaction nucléaire, que ce soit une fission ou une fusion, si la masse des produits est

inférieure à la masse des réactifs, $E = mc^2$ vous indique la quantité d'énergie qui sera libérée dans cette réaction.



La production de paires matière/antimatière (à gauche) à partir d'énergie pure est une réaction complètement réversible (à droite). Les paires matière/antimatière s'annihilent pour redevenir de l'énergie pure. Si la paire particule/antiparticule s'annihile au repos, l'énergie de chacun des deux photons produits sera donnée par $E = mc^2$, où « m » est la masse au repos de la particule de matière et d'antimatière.

Cette seule équation, $E = mc^2$, décrit la quantité d'énergie inhérente à toute particule massive au repos, y compris la quantité d'énergie nécessaire pour la créer et la quantité d'énergie libérée si vous la détruisez.

Mais que se passe-t-il si votre particule n'est pas au repos, ou si elle n'a pas de masse du tout... comme le photon ?

Dans ces cas, $E = mc^2$ n'est que la moitié de l'équation significative. L'autre moitié est beaucoup plus intéressante et elle est nécessaire pour donner un sens physique à ce qui se passe.

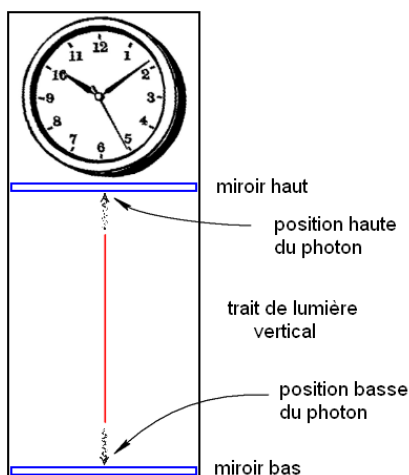
La raison pour laquelle la "masse au repos" est un concept si important est que le mouvement - *le taux de changement de la position d'un objet au fil du temps* - n'est pas une propriété physique "absolue" dans notre Univers. Au lieu de cela, la leçon clé de la relativité d'Einstein est que, quelle que soit votre position ou la façon dont votre position change avec le temps, les lois de la physique et les constantes de la nature, y compris la vitesse de la lumière, apparaîtront toujours comme étant les mêmes.

Donc, si, par exemple, vous avez une horloge où "une seconde" est définie par le temps qu'il faut à la lumière (qui se déplace à la vitesse de la lumière), pour :

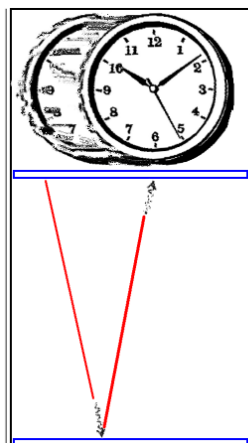
- monter du bas de l'horloge vers le haut,
- se refléter sur un miroir au sommet,
- et redescendre au fond une fois de plus,

alors, deux observateurs en mouvement relatif l'un par rapport à l'autre vivront différemment le passage du temps :

- Du point de vue d'un observateur qui tient l'horloge, ils sont au repos, et sa définition d'une "seconde" est la bonne : un aller-retour pour cette lumière, pour aller de bas en haut puis jusqu'en bas de l'horloge ; c'est ce qui définit son passage dans le temps. L'observateur voit une droite verticale dessinée par le photon :



- Pour toute autre personne en mouvement par rapport à eux, ce mouvement supplémentaire signifie que l'horloge qui est vue semble fonctionner lentement. Le photon parcourt plus de distance pour aller de bas en haut et de haut en bas : temps = distance / vitesse*.



* c : vitesse de la lumière

Une horloge lumineuse, formée par un photon rebondissant entre deux miroirs, définira le temps pour tout observateur.

Bien que les deux observateurs ne soient pas d'accord sur le temps qui passe, ils s'accorderont sur les lois de la physique et sur les constantes de l'Univers, comme la vitesse de la lumière.

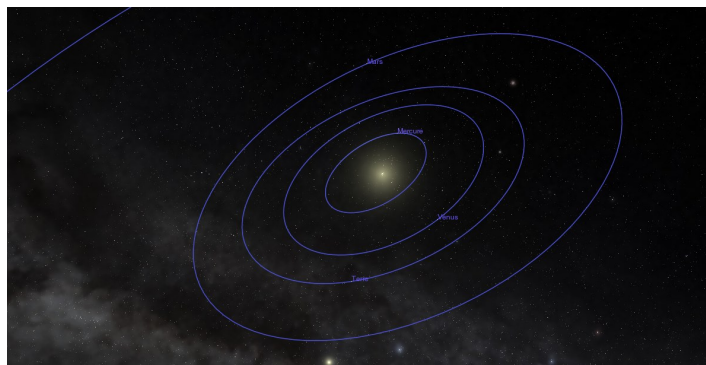
Un observateur stationnaire verra le temps passer normalement, mais un observateur se déplaçant rapidement dans l'espace verra son horloge tourner plus lentement par rapport à l'observateur stationnaire.

La raison de tout cela est que le mouvement à travers l'espace et le temps sont connectés et inextricables : tissés ensemble dans un tissu appelé *espace-temps*.

Le "*mouvement dans le temps*" maximum que vous pouvez posséder est ce que vous ressentez lorsque vous êtes au repos par rapport à l'Univers, ou lorsque votre mouvement dans l'espace est nul. Si vous vous déplacez dans l'espace, cependant, votre mouvement dans le temps ralentit, c'est pourquoi plus vous vous rapprochez de la vitesse de la lumière, moins vous vieillissez et moins vous ressentez le passage du temps. Cela a une myriade d'applications, des systèmes de positionnement global (GPS) que vous utilisez certainement souvent, à la physique des particules de haute énergie.

Mais c'est là que nous devons examiner une autre partie de l'équation $E = mc^2$ d'Einstein : lorsque vous êtes en mouvement, votre énergie n'est pas seulement donnée par votre énergie de masse au repos, qui est la contribution mc^2 à votre énergie. Au lieu de cela, vous avez également de l'énergie cinétique, à savoir l'énergie du mouvement lui-même.

Chaque fois que deux objets entrent en collision, qu'ils se collent (inélastiquement) ou rebondissent l'un sur l'autre (élastiquement), c'est l'énergie cinétique qu'ils possèdent, en fonction de leur mouvement l'un par rapport à l'autre, qui détermine la vitesse à laquelle ils se déplaceront chacun après qu'ils se soient percutés. Cette « énergie de mouvement », ou énergie cinétique, est essentielle à la physique des objets en mouvement, des boules de billard aux automobiles, en passant par les systèmes planétaires.



Dans la théorie de la gravité de Newton, les orbites forment des ellipses parfaites lorsqu'elles se produisent autour de grandes masses uniques. Cependant, en relativité générale, il existe un effet de précession supplémentaire dû à la courbure de l'espace-temps et au fait que les planètes sont en mouvement par rapport au Soleil, ce qui entraîne un déplacement de l'orbite dans le temps, d'une manière parfois mesurable. Mercure présente le plus grand effet de ce type au sein de notre Système solaire, précédant à un rythme de 43" supplémentaires par siècle en raison de cet effet supplémentaire.

1 seconde d'arc (1") correspond à 1 / 3 600^{ème} de degré, soit la taille d'un ballon de basket vu à 50 km.

Mais vous remarquerez que l'équation la plus célèbre d'Einstein, $E = mc^2$, ne dépend absolument pas du mouvement !

Si l'énergie est simplement la masse multipliée par la vitesse de la lumière au carré, alors comment le mouvement est-il pris en compte ? D'où vient l'énergie cinétique ?

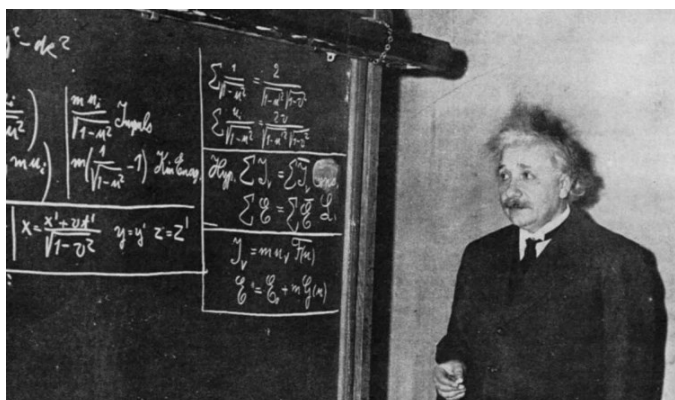
Peut-être qu'un argument encore plus convaincant selon lequel il doit y avoir plus dans l'histoire devient apparent si nous considérons la lumière : un quantum d'énergie qui n'a pas de masse au repos du tout.

La lumière, que nous la traitons comme une onde dont l'énergie est définie par sa longueur d'onde ou comme une particule dont l'énergie est quantifiée en paquets appelés photons, n'a pas de masse au repos, donc le m dans $E = mc^2$ doit être égal à zéro.

Mais la lumière transporte de l'énergie, donc $E = mc^2$ ne peut pas être tout ce qu'il y a, ou E serait également égal à zéro, ce qu'il ne peut pas.

Il y a un indice vers la solution si vous avez suivi des cours de physique au lycée ou à l'université et que vous avez appris la formule "standard" de l'énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2} mv^2$, où v est la vitesse de l'objet en mouvement. Cette formule ne s'applique qu'à des vitesses faibles par rapport à la vitesse de la lumière, où v est très inférieur à c , la vitesse de la lumière dans le vide (ce même "c" qui est dans $E = mc^2$) :

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s.}$$



Cette photographie de 1934 montre Einstein devant un tableau noir, décrivant la relativité restreinte pour un groupe d'étudiants et de spectateurs. Bien que la relativité restreinte soit maintenant considérée comme allant de soi, elle était révolutionnaire quand Einstein l'a proposée pour la première fois, et ce n'est même pas son équation la plus célèbre, mais $E = mc^2$ l'est.

La raison pour laquelle « l'énergie cinétique » offre un indice si utile est qu'elle vous rapproche un peu plus du véritable concept clé qui va compléter l'équation la plus célèbre d'Einstein : la quantité de mouvement.

La "quantité de mouvement" d'un objet est bien définie si la chose en mouvement est massive ou sans masse, et, si elle est massive, si elle se rapproche ou non de la vitesse de la lumière. C'est essentiellement une mesure de combien un objet doit à son mouvement, et par conséquent, combien il est difficile de l'immobiliser.

Pour les particules massives se déplaçant lentement par rapport à la vitesse de la lumière, la quantité de mouvement peut être bien approchée par la formule simple $p = mv$.

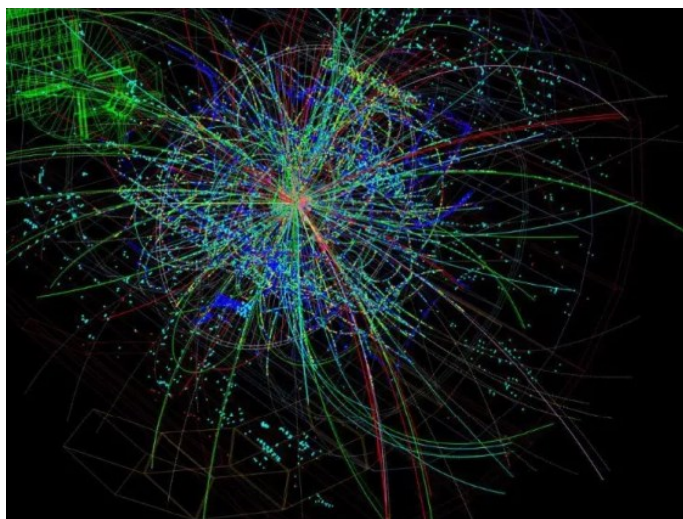
Pour des particules massives se déplaçant à n'importe quelle vitesse, même à une fraction substantielle de la vitesse de la lumière, la quantité de mouvement s'écrit plus précisément :

$$p = m\gamma v$$

où "γ" est le facteur de Lorentz :
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Et pour les particules sans masse, comme la lumière, qui se déplacent à la vitesse de la lumière et n'ont aucune masse au repos, la quantité de mouvement ne peut pas être écrite en termes de masse, mais peut être écrite en termes d'énergie :

$$p = E/c$$



Les traces de particules émanant d'une collision à haute énergie au LHC en 2012 montrent la création de nombreuses et nouvelles particules. Ce qui est créé est limité par l'énergie disponible selon l'équation $E = mc^2$ d'Einstein.

Si nous voulons donner la véritable expression de l'énergie inhérente à toute particule, nous devons alors inclure les effets de sa quantité de mouvement sur l'énergie ainsi que les effets de sa masse au repos sur l'énergie. $E = mc^2$, aussi simple, compacte et notoire soit-elle, ne s'applique qu'aux particules massives au repos : une quantité utile seulement dans certains cas.

Heureusement, il existe une formule presque aussi simple qui intègre à la fois l'énergie de masse au repos d'une particule, lorsqu'elle est présente, ainsi que la contribution de sa quantité de mouvement à l'énergie. Cette formule pour l'énergie est la suivante :

$$E = \sqrt{(m^2c^4 + p^2c^2)}$$

Pensez à ce qui se passe dans tous les différents cas qui s'appliquent ici. Si la quantité de mouvement (p) est nulle, alors ce dernier terme disparaît entièrement et vous obtenez simplement $E = \sqrt{(m^2c^4)}$, qui redevient le bon vieux $E = mc^2$ qui est l'équation originale d'équivalence masse-énergie au repos d'Einstein.

Et si nous nous déplaçons lentement par rapport à la vitesse de la lumière, et que nous mettons simplement $p = mv$ pour l'élan ?

Alors l'équation devient $E = \sqrt{(m^2c^4 + m^2v^2c^2)}$, ou, si nous retirons un mc^2 de l'intérieur de la racine carrée :

$$E = mc^2 * \sqrt{1 + (v/c)^2}$$

Pas particulièrement familier ?

Considérez ce qui suit : cette équation ne fonctionne que pour les valeurs de vitesse (v) qui sont lentes par rapport à la vitesse de la lumière (c dans cette équation).

Par conséquent, la partie de l'équation qui se lit $\sqrt{1 + (v/c)^2}$ ne sera qu'un peu supérieure à un, car le terme (v/c) est petit. Chaque fois que vous avez, en mathématiques, une expression qui est $\sqrt{1 + x}$, où « x » est petit par rapport à 1, elle peut être parfaitement approchée par $1 + \frac{1}{2}x$.

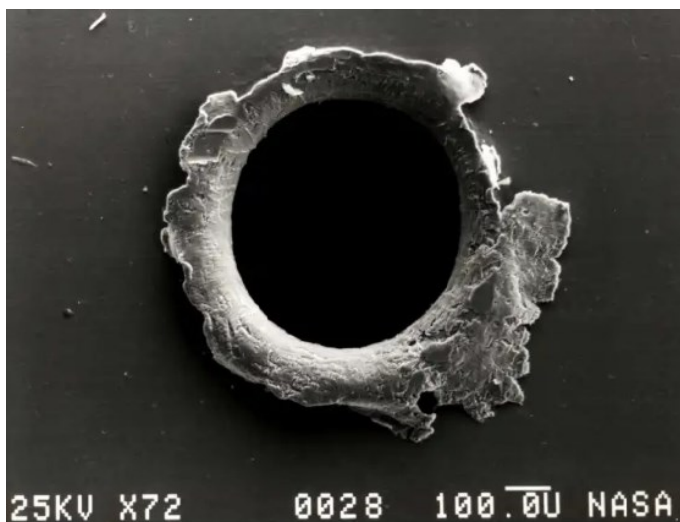
Si nous faisons cela à notre expression de l'énergie, nous transformons $\sqrt{1 + (v/c)^2}$ en $1 + \frac{1}{2}(v/c)^2$, ce qui transforme notre expression de l'énergie en

$$E = mc^2 * (1 + \frac{1}{2}(v/c)^2),$$

qui devient, quand on multiplie les termes :

$$E = mc^2 + \frac{1}{2}mv^2,$$

L'énergie totale est l'énergie de masse au repos (la partie mc^2) plus l'énergie cinétique (la partie $\frac{1}{2}mv^2$).



Le trou qui a été fait dans le panneau du satellite Solar Max de la NASA par un impact de micrométéorite. Bien que ce trou provienne probablement d'un simple morceau de poussière, le terme " v^2 " dans l'équation de l'énergie cinétique non relativiste ($\frac{1}{2}mv^2$) peut devenir très grand, très rapidement.

Cependant, lorsque nous avons une particule massive qui se déplace à une vitesse proche de la vitesse de la lumière, nous ne pouvons plus faire de telles approximations avec une quelconque fiabilité.

Avec des impulsions très élevées, ce qui est précisément le cas dans les accélérateurs de particules les plus grands et les plus puissants, le terme de masse au repos contribue très peu à l'énergie globale. À 99,999 % de la vitesse de la lumière, le terme m^2c^4 sera beaucoup plus petit que le terme p^2c^2 dans l'équation, ce qui signifie que nous pouvons le négliger.

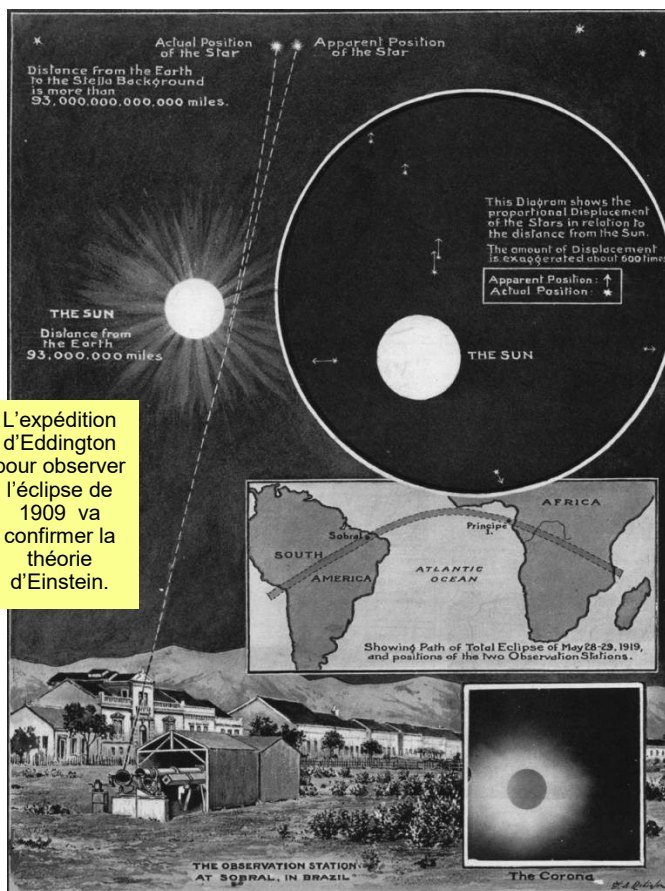
Si nous le faisons, nous obtenons simplement $E = \sqrt{p^2c^2}$, qui devient $E = pc$: l'équation de la relation énergie-impulsion pour les photons et autres particules sans masse.

C'est une formule d'approximation ultra-relativiste, car elle est utile partout où l'énergie de masse au repos d'un système est petite par rapport à l'énergie due au mouvement ; nous pouvons négliger le premier terme - le terme m^2c^4 - même si l'objet se déplaçant de manière ultra-relativiste n'est pas vraiment sans masse.

Ce qui est assez remarquable dans cette histoire, c'est que l'un des tests clés de la relativité d'Einstein a eu lieu en 1919 : lors d'une éclipse solaire totale.

Selon la théorie d'Einstein, la présence d'une grande quantité d'énergie, le tout en un seul endroit dans l'espace-temps (le Soleil), courberait et déformerait la trajectoire de tous les objets qui s'en approcheraient. Cela incluait la lumière des étoiles d'arrière-plan, qui, bien que sans masse, suivrait toujours le chemin créé par l'espace courbe : le concept clé important de la relativité générale.

Certaines personnes ont insisté sur le fait que cela prédirait une déviation nulle, car la lumière n'avait pas de masse au repos et la théorie de Newton reposait uniquement sur la masse pour l'attraction gravitationnelle. Mais d'autres ont reconnu que les photons transportaient toujours de l'énergie sous la forme $E = pc$, et donc, si vous utilisiez l'énergie que les photons avaient là où vous auriez généralement utilisé la masse (c'est-à-dire remplacer la masse newtonienne, m , par E/c^2 d'un photon), vous pouvez également prédire une déviation. Le fait que la théorie d'Einstein prédisait le double de la valeur newtonienne, et cela a été confirmé par les observations, a été le test clé qui a permis de vérifier et de valider la théorie d'Einstein, conduisant à une révolution dans la façon dont est compris l'Univers.



L'expédition d'Eddington pour observer l'éclipse de 1919 va confirmer la théorie d'Einstein.

$E = mc^2$ nous dit que chaque particule massive a une quantité d'énergie qui lui est inhérente, même lorsqu'elle est au repos, et son énergie ne peut jamais descendre en dessous de cette valeur clé : mc^2 . Si vous voulez créer cette particule, vous avez besoin d'au moins autant d'énergie ; si vous devez créer cette particule avec son homologue antiparticule, vous avez besoin d'au moins le double de cette énergie. Si vous détruisez ou annihilez une particule massive, toute l'énergie de masse au repos deviendra une partie de l'énergie que toutes les "particules filles", ou particules produites lors de l'annihilation, emporteront

OSIRIS-REx

**Une
belle
réussite
de la NASA !**



Le vaisseau spatial OSIRIS-REx a livré les échantillons de Benu en libérant une capsule, parachutée dans le désert de l'Utah.

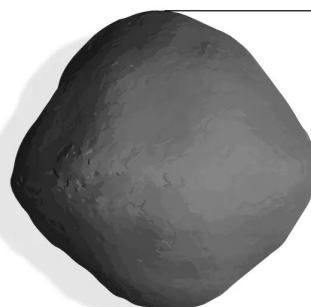
« Nous essayons de découvrir qui nous sommes, ce que nous sommes, d'où nous venons. Quelle est notre place dans cette immensité qu'on appelle l'Univers ? » a déclaré l'administrateur de la NASA, Bill Nelson, lors d'un briefing au Johnson Space Center, où se trouve le laboratoire dédié à l'analyse des échantillons de l'astéroïde Benu.

« C'était le bon choix d'astéroïde » pour Ashley King, le scientifique britannique qui faisait partie d'un groupe sélectionné pour poser les premiers yeux et instruments sur les échantillons rocheux qui ont été ramenés de l'astéroïde Benu.

Les premières analyses réalisées ont montré que la poudre noire extraterrestre était riche en carbone et en minéraux chargés d'eau. C'est un bon signe. Il existe une théorie selon laquelle des astéroïdes riches en carbone (organique) et en eau, similaires à Benu, pourraient avoir été impliqués dans la fourniture de composants clés au jeune système terrestre il y a environ 4,5 milliards d'années. C'est potentiellement ainsi que nous avons obtenu l'eau de nos océans et certains des composés nécessaires au démarrage de la vie. Les échantillons de Benu revenus sur Terre le 24 septembre dernier seront utilisés pour tester ces idées.

La NASA prévoit de placer au moins 70 % de la « récolte » directement dans les archives afin de le conserver pour les générations futures - pour les scientifiques qui ne sont peut-être même pas encore nés pour travailler dans des laboratoires qui n'existent pas aujourd'hui, en utilisant des instruments qui attendent encore d'être inventés.

Lancée le 8 septembre 2016, la sonde spatiale OSIRIS-REx s'est placée en orbite autour de Benu en fin d'année 2018 pour étudier l'astre en détail et chercher le bon endroit où prélever les échantillons, ce qui se fera le 20 octobre 2020 à plus de 300 millions de km de la Terre, avec l'instrument TAGSAM (cf. : Albiréscope n°101).



Benu
510 m (approx)

Empire State Building
443 m

tour Eiffel
324 m



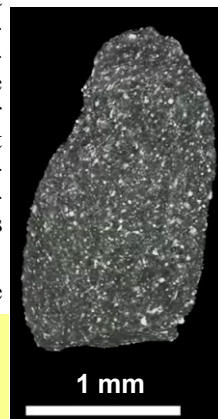
Source NASA

OSIRIS-REx, après un voyage retour de 3 ans, a lâché sa capsule dans l'atmosphère de la Terre, puis a repris son chemin vers un autre astéroïde, Apophis, pour s'y placer en orbite en 2029.

En tout cas, la première partie de la mission a dépassé les espérances, car les scientifiques ont récupéré de la matière : lorsque la cartouche d'échantillons a été ouverte, une poussière noire recouvrait toutes les surfaces. La poussière a été placée dans un microscope électronique à balayage et sondée par spectroscopie infrarouge, diffraction des rayons X et analyse des éléments chimiques. La tomodensitométrie (TDM) aux rayons X a été utilisée pour créer des modèles 3D de particules et observer leur intérieur. L'une des principales conclusions est la présence de beaucoup de carbone, et de l'eau dans les minéraux argileux.

Faire des images stéréoscopiques de l'astéroïde Benu ne faisait pas partie du mandat de la mission OSIRIS-REx de la NASA mais...

Le scanner permet de faire un modèle 3D des particules.



Claudia Manzoni et Brian May étaient invités par le chercheur principal de la mission, Dante Lauretta, à rejoindre l'équipe scientifique et à trouver des opportunités de stéréoscopie dans la richesse des données visuelles acquises par les caméras du vaisseau spatial Osiris-Rex. Pour ce faire, ils ont recherché des paires d'images de la surface de Bennu prises depuis des points de vue éloignés les uns des autres. Cette séparation des points de vue, connue sous le nom de « ligne de base », doit être parfaite pour donner l'expérience de la profondeur et de la réalité lorsque les images sont vues de manière stéréoscopique.

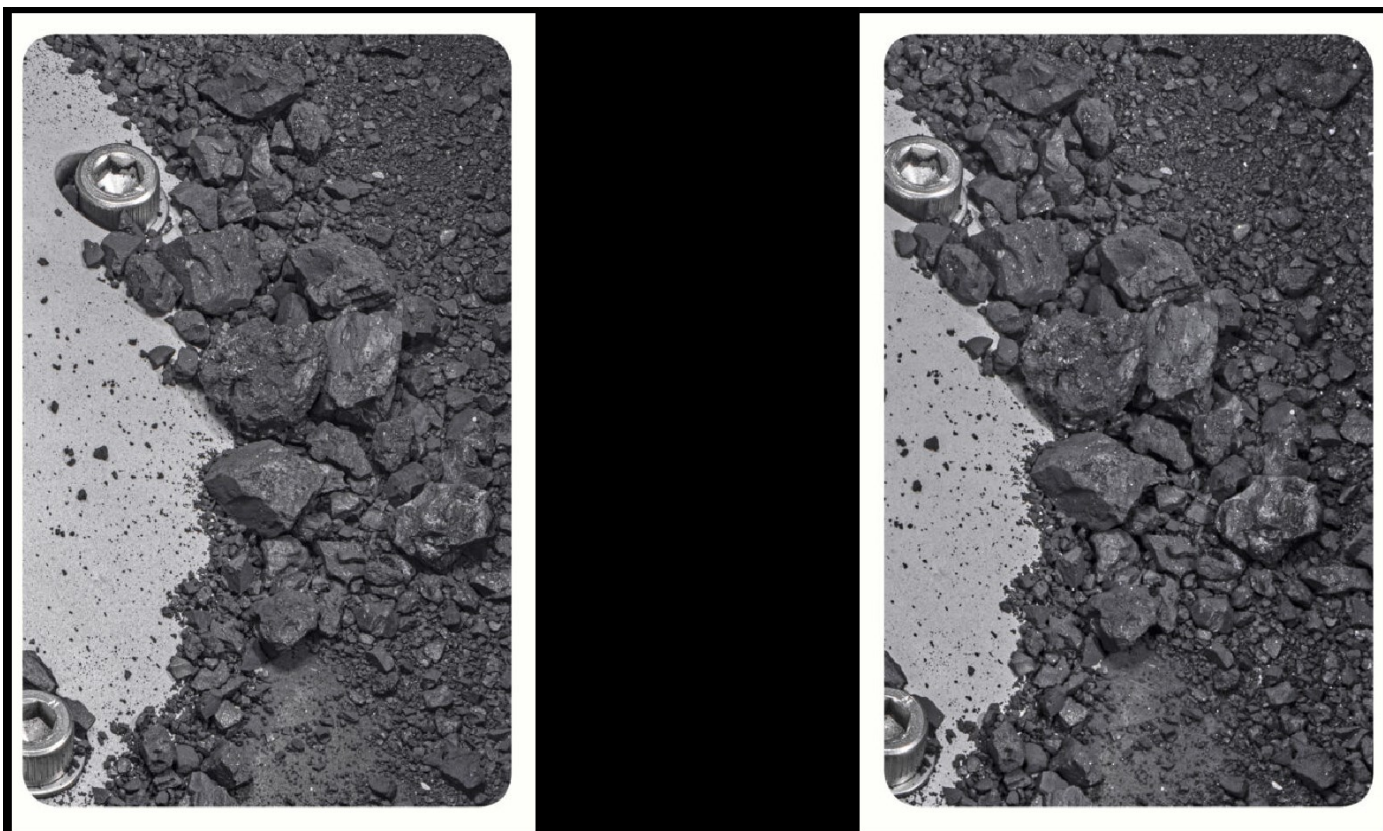
Une telle visualisation nécessite que les images gauche et droite soient transmises séparément à nos yeux gauche et droit, ce qui correspond à la façon dont nous voyons dans la « vraie vie ». Lorsque cela est fait, les petites différences entre les composants de la paire stéréo – appelées différences de parallaxe – donnent à notre cerveau la possibilité de percevoir instantanément la profondeur et la solidité de l'image.

Ci-dessous, ces images stéréoscopiques sont une paire de gros plans de l'ancien matériau de l'astéroïde Bennu récupéré par la mission OSIRIS-REx de la NASA et livré sur Terre le 24 septembre 2023. Le matériau se trouve au-dessus du TAGSAM (Touch-and-Go Sample Acquisition Mechanism), l'instrument utilisé pour collecter l'échantillon de l'astéroïde en 2020. L'échantillon et TAGSAM se trouvent actuellement dans une salle blanche de l'Astromaterials Curation Facility du Johnson Space Center de la NASA à Houston.



Brian : « Dans le cas des images présentées ici, avec l'échantillon Bennu livré en toute sécurité sur la planète Terre, l'équipe de conservation nous a facilité la tâche. Au moment où la tête TAGSAM a été retournée après l'avoir retirée du pont avionique du Johnson Space Center de la NASA à Houston, des photographies sous de nombreux angles ont été capturées, nous permettant de trouver une seule paire (presque !) parfaite, montrant la structure intime de juste quelques grains de l'échantillon sombre et noir de charbon ».

Crédits : Erika Blumenfeld, Joseph Abersold pour les images originales/Brian May, Claudia Manzoni pour le traitement stéréo des images.



Il est possible de visualiser cette paire stéréoscopique côte à côte sans stéréoscope, en relâchant les axes des yeux, comme si vous regardiez à travers la page, vers l'infini. Il faut loucher en fait, relâcher les yeux et hop... l'image en relief apparaît dans toute sa beauté.

Mais la meilleure expérience serait vécue en utilisant un stéréoscope, de la même manière que l'équipe de la mission OSIRIS-REx a visualisé les images stéréo alors que la recherche était en cours pour trouver un endroit sûr sur la surface de l'astéroïde Bennu pour la délicate manœuvre d'échantillonnage Touch-and-Go.

Il est aussi possible de créer un anaglyphe à partir de la vue gauche et de la vue droite, pour voir le relief avec une paire de lunettes à verre rouge et bleu ; le résultat visuel est moins bon, mais fatigue moins les yeux...



Psyche...

Un voyage au centre de la Terre

13 octobre 2023, une Falcon Heavy de SpaceX décolle du pas de tir 39A de KSC avec Psyche dans sa coiffe.

Le vaisseau spatial Psyche se dirige vers un astéroïde du même nom, unique, riche en métaux et en orbite autour du Soleil entre Mars et Jupiter. D'ici août 2029, le vaisseau spatial commencera à explorer l'astéroïde qui, selon les scientifiques – en raison de sa forte teneur en métaux – pourrait être le noyau partiel d'un planétésimal, un élément constitutif d'une première planète.

La NASA a le vent en poupe pour explorer les astéroïdes, et après le succès d'OSIRIS-REx, tous les espoirs sont permis avec la mission Psyche dont l'ambition est de nous ramener tous les secrets d'un potentiel noyau métallique d'une planète ratée.

Il s'agit de la première mission de la NASA visant à étudier un astéroïde contenant plus de métal que de roche ou de glace. Psyche a été lancé le 13 octobre 2023 à 10 h 19 HAE (TU -4) depuis le Kennedy Space Center. Psyche a décollé de la rampe de lancement 39A à bord d'une fusée SpaceX Falcon Heavy. Il faut d'ailleurs noter que Psyche est la première d'une série de missions scientifiques de la NASA à être la principale charge utile lancée sur une fusée SpaceX Falcon Heavy, une fusée qui a repris du service récemment et c'est sa 4ème mission de l'année 2023 (de ses 8 missions réussies).

Laurie Leshin, directrice du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA en Californie du Sud, responsable de la gestion globale de la mission, de l'ingénierie système, de l'intégration et les tests, ainsi que les opérations de mission déclarait : « *Maintenant, le vrai plaisir commence, alors que nous nous dirigeons vers l'astéroïde Psyche pour percer les secrets de la formation et de l'évolution des planètes* ».



Avec ses panneaux solaires déployés, le vaisseau spatial Psyche de la NASA est suffisamment grand pour couvrir presque un court de tennis.



Laurie Leshin

L'ordinateur principal de Psyche, les logiciels de vol, les systèmes de protection contre les pannes et la plupart des systèmes de télécommunications proviennent du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA. Attaché à Psyche se trouve le Deep Space Optical Communications (DSOC), une expérience de la NASA qui testera les communications optiques ou laser au-delà de la Lune.

Le vaisseau spatial s'est séparé de sa fusée environ une heure après le lancement et environ 90 minutes plus tard, il a établi une communication bidirectionnelle avec le complexe Deep Space Network de la NASA à Canberra, en Australie, à 11 h 50 HAE. La télémétrie initiale a indiqué que le vaisseau spatial était en bonne santé. La gravité de l'astéroïde Psyche capturera le vaisseau spatial fin juillet 2029 et Psyche commencera sa mission principale en août. Il passera environ deux ans en orbite autour de l'astéroïde pour prendre

des photos, cartographier la surface et collecter des données afin de déterminer la composition de Psyche.

Nicola Fox, administratrice associée de la Direction des missions scientifiques au siège de la NASA à Washington : « *En étudiant l'astéroïde Psyche, nous espérons mieux comprendre notre univers et la place que nous y occupons, en particulier en ce qui concerne le noyau métallique mystérieux et impossible à atteindre de notre propre planète, la Terre* ».



Nicola Fox

Les scientifiques pensent que l'astéroïde Psyche, qui mesure environ 280 kilomètres en son point le plus large, pourrait faire partie ou être la totalité du noyau riche en fer d'un planétésimal, un élément constitutif d'une planète rocheuse.

L'astéroïde pourrait aussi être autre chose. Il pourrait s'agir du reste d'un type complètement différent de corps riche en fer, formé à partir d'un matériau riche en métaux quelque part dans le Système solaire. Psyche pourra peut-être nous éclairer sur la façon dont le noyau de la Terre et les noyaux des autres planètes telluriques sont nés.

S'il s'agit d'un planétésimal, l'astéroïde Psyche pourrait permettre d'observer de près l'intérieur des planètes telluriques comme la Terre. Nous ne pouvons pas tracer un chemin vers le noyau métallique de la Terre – ou vers les noyaux des autres planètes rocheuses – donc visiter Psyche pourrait offrir une fenêtre unique sur l'histoire violente des collisions et de l'accumulation de matière qui ont créé des planètes comme la nôtre.



L'astéroïde Psyche a été découvert en 1852 par l'astronome italien Annibale de Gasparis. Parce qu'il s'agit du 16ème astéroïde découvert, on l'appelle parfois (16) Psyche. Il doit son nom à la déesse de l'âme dans la mythologie grecque antique, souvent représentée comme une figure féminine aux ailes de papillon.

Eros et Psyché, Guillaume DUBUFE, 19ème siècle, aquarelle sur papier canevas, Museo Nacional de Bellas Artes (Bueno Aires).

Psyche orbite autour du Soleil dans la partie externe de la ceinture principale d'astéroïdes entre Mars et Jupiter. Il est environ trois fois plus éloigné du Soleil que la Terre. Étant donné que Psyche et la Terre orbitent à des vitesses différentes, la distance entre la Terre et Psyche varie de moins de 186 millions à plus de 372 millions de kilomètres.

Psyche est irrégulier et ressemble à une pomme de terre. Si l'astéroïde était coupé en deux horizontalement au niveau de l'équateur – imaginez un ovale écrasé – il mesurerait 280 km de diamètre à son point le plus large et 232 km de long. La densité de Psyche est estimée entre 3,4 et 4,1 t par m³. La gravité de surface sur Psyche est bien inférieure à celle de la Terre, voire inférieure à celle de la Lune. Sur Psyche, soulever une voiture équivaldrait à soulever un gros chien.

Le vaisseau spatial Psyche de la NASA emprunte un chemin en spirale vers l'astéroïde Psyche, comme le montre ce graphique qui indique le chemin depuis le dessus du plan des planètes, étiqueté avec les étapes clés de la mission principale. (NASA/JPL-Caltech)

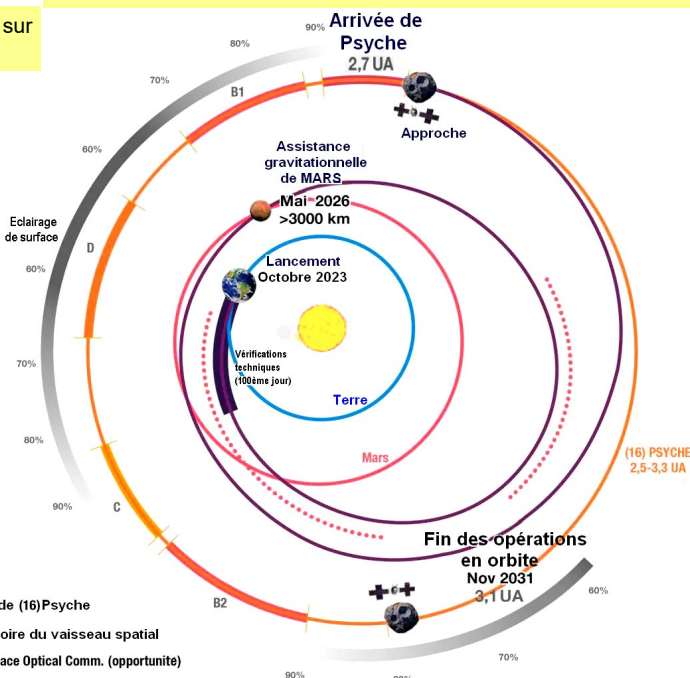
Ainsi donc, les scientifiques pensent que Psyche pourrait être constitué de quantités importantes de métal provenant du noyau d'un planétésimal, l'un des éléments constitutifs de notre Système solaire. L'astéroïde est très probablement un survivant de multiples collisions violentes avec délit de fuite, courante lors de la formation du Système solaire.

Il existe encore des contradictions dans les données, mais l'analyse scientifique indique que Psyche est probablement constitué d'un mélange de roche et de métal, le métal constituant 30 à 60 % de son volume. La composition de l'astéroïde a été déterminée par des observations radar et par les mesures de l'inertie thermique de l'astéroïde (la rapidité avec laquelle un objet gagne ou perd de la chaleur).

En combinant des observations radar et optiques, les scientifiques ont généré un modèle 3D de Psyche qui montre des preuves de deux dépressions en forme de cratère. Cela suggère qu'il existe une variation significative de la teneur en métal et de la couleur de l'astéroïde sur sa surface. Mais jusqu'à ce que cette mission voie l'astéroïde Psyche de près pour la première fois, nous ne savons pas à quoi il ressemble réellement...



Pliage d'un des panneaux solaires du vaisseau spatial Psyche. (25 juillet 2023 - locaux Astrotech Space Operations, près du NASA Kennedy Space Center. (Image NASA/Kim Shiflett).



Le corps du vaisseau spatial, ou bus, mesure 4,9 m de haut, 2,2 m de large et 2,4 m de profondeur.

Une division de Palo Alto, en Californie, de Maxar Technologies, basée au Colorado, a fourni le corps principal du vaisseau spatial et la plupart de ses systèmes matériels d'ingénierie. Attaché à Psyche se trouve le Deep Space Optical Communications (DSOC), une expérience de la NASA qui testera les communications optiques ou laser au-delà de la Lune.

Deux panneaux solaires à cinq panneaux en forme de croix alimentent tout à bord, y compris les instruments scientifiques. Les panneaux solaires produiront 21 kilowatts d'énergie lorsqu'ils quitteront la Terre et entre 2,3 et 3,4 kilowatts d'énergie en orbite autour de l'astéroïde.

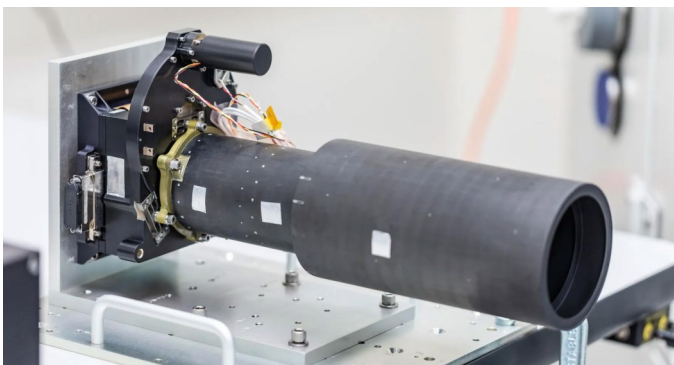
Psyche utilise la propulsion électrique solaire. Le vaisseau spatial dispose de quatre propulseurs à effet Hall qui utilisent des champs électromagnétiques pour expulser des atomes chargés (des ions) de gaz xénon inerte qui, à leur tour, créent une poussée en faisant une traîne de leur bleu de xénon.



Image d'un propulseur Hall électrique en fonctionnement, identique à ceux qui servent à propulser le vaisseau spatial Psyche.

Un seul propulseur est utilisé à la fois, fournissant jusqu'à 240 millinewtons de poussée, soit environ la force que vous ressentiriez en supportant le poids d'une pile AA. Psyche transportera sept réservoirs de 82 litres de propulseur au xénon.

Psyche communiquera avec la Terre avec quatre antennes : une antenne fixe à gain élevé de 2 mètres fournie par Maxar et trois petites antennes à faible gain conçues et fabriquées par le JPL. Comme toutes les missions interplanétaires de la NASA, Psyche enverra des données et recevra des commandes via le Deep Space Network (DSN), qui dispose de trois stations au sol autour de la Terre pour communiquer et suivre les vaisseaux spatiaux.

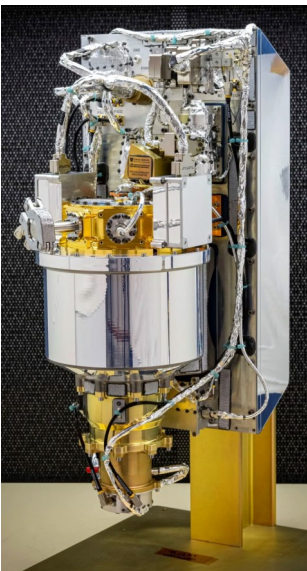


Imageur multispectral de Psyche lors de l'assemblage et des tests le 13 septembre 2021 à Malin Space Science Systems à San Diego, en Californie. (Image NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS)



Le vaisseau spatial Psyche de la NASA est présenté dans une salle blanche le 26 juin 2023, dans les installations d'Astrotech Space Operations. (Image NASA/Frank Michaux)

L'imageur multispectral de Psyche se compose d'une paire de caméras identiques équipées de filtres et d'objectifs télescopiques pour photographier la surface de l'astéroïde dans différentes longueurs d'onde de lumière. Les caméras peuvent prendre des photos dans la partie du spectre visible, ainsi que dans des longueurs d'onde de lumière proche infrarouge, au-delà de ce que les humains peuvent voir.



Le spectromètre à rayons gamma et à neutrons utilise un cristal de germanium hautement purifié pour capturer les rayons gamma émis par l'astéroïde Psyche. (Image Johns Hopkins/APL/Ed Whitman)

Le vaisseau spatial est aussi équipé d'un magnétomètre pour rechercher des preuves d'un ancien champ magnétique sur l'astéroïde Psyche. Contrairement à la Terre et à d'autres planètes rocheuses qui génèrent un champ magnétique dans leur noyau métallique liquide, les petits corps comme les astéroïdes n'en génèrent pas car ils sont solides. La confirmation d'un champ magnétique rémanent serait une preuve solide que l'astéroïde s'est formé à partir du noyau d'un corps planétaire.

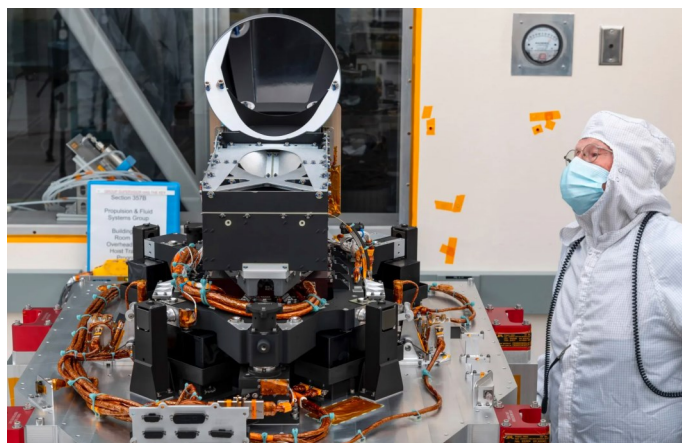
L'équipe scientifique de Psyche s'appuiera sur le système de télécommunications, principalement utilisé pour envoyer des



Les ingénieurs du Jet Propulsion Laboratory (Californie du Sud) intègrent l'instrument magnétomètre dans le vaisseau spatial Psyche le 28 juin 2021. (Image NASA/JPL-Caltech)

commandes et recevoir des données du vaisseau spatial, pour mener à bien la science de la gravité. En analysant les ondes radio en bande X avec lesquelles le vaisseau spatial communique, les scientifiques peuvent mesurer comment l'astéroïde Psyche affecte l'orbite du vaisseau spatial. À partir de ces informations, les scientifiques peuvent déterminer la rotation, la masse et le champ de gravité de l'astéroïde, fournissant ainsi des indices supplémentaires sur la composition et la structure de l'intérieur de Psyche.

Boulonnée sur un côté du vaisseau spatial Psyche se trouve une démonstration technologique pionnière : l'expérience Deep Space Optical Communications de la NASA, ou DSOC. Utilisant un laser proche infrarouge, DSOC sera le premier test de l'agence sur les communications optiques à large bande passant entre la Terre et des distances dépassant largement la Lune.



L'émetteur-récepteur laser du vol de démonstration de la technologie Deep Space Optical Communications (DSOC) est présenté au Jet Propulsion Laboratory de la NASA en Californie du Sud en avril 2021. (Image NASA/JPL-Caltech)

Pour répondre aux exigences des futures missions spatiales s'appuyant sur les systèmes radio de pointe actuels, d'énormes augmentations de la taille, de la masse et de la puissance du matériel seraient nécessaires pour transmettre et recevoir des données à large bande passante telles que des images et des vidéos haute définition. Les communications optiques pourraient potentiellement fournir cette amélioration essentielle de la bande passante sans recourir à de tels changements de matériel. Tout comme la modernisation des anciennes infrastructures de télécommunications sur Terre avec des fibres optiques pour répondre à la demande croissante de données, le passage des communications radio aux communications laser augmenterait les débits de données actuels de 10 à 100 fois.

DSOC n'a pas vocation à relayer les données de la mission Psyche puisque la démonstration technologique est prévue pour les deux premières années de croisière du vaisseau spatial. Mais si elle s'avère efficace, cette technologie sera utilisée par les futurs engins spatiaux humains et robotiques pour transmettre d'énormes volumes de données scientifiques,

permettant ainsi à des concepts de missions spatiales plus innovants de prendre leur envol.

À terme, DSOC pourrait ouvrir la voie à des communications à large bande qui contribueront au prochain pas de géant de l'humanité : lorsque la NASA enverra des astronautes sur Mars.

DERNIERES NOUVELLES d'OSIRIS-REx

L'équipe de conservation traitant l'échantillon de l'astéroïde Bennu de la NASA a retiré et collecté 70,3 g de roches et de poussière du matériel de l'échantillonneur, en dépassant ainsi l'objectif de l'agence d'amener au moins 60 g sur Terre ; la bonne nouvelle est qu'il reste encore d'autres échantillons à collecter.

En effet, l'échantillon traité jusqu'à présent comprend les roches et la poussière trouvées à l'extérieur de la tête de l'échantillonneur, ainsi qu'une partie de l'échantillon en vrac provenant de l'intérieur de la tête, accessible par le rabat en mylar de la tête. Le matériau supplémentaire qui reste à l'intérieur de la tête de l'échantillonneur (TAGSAM), est configuré pour être retiré ultérieurement, s'ajoutant à la masse totale. Toutefois, la semaine dernière, l'équipe du Johnson Space Center de la NASA à Houston a modifié son approche pour ouvrir la tête TAGSAM, qui contenait la majeure partie des roches et de la poussière collectées par le vaisseau spatial en 2020. Après plusieurs tentatives de retrait, l'équipe a découvert que 2 des 35 attaches de la tête TAGSAM ne pouvaient être retirées avec les outils approuvés pour une utilisation dans la boîte à gants OSIRIS-REx. L'équipe a travaillé au développement et à la mise en œuvre de nouvelles approches pour extraire le matériau à l'intérieur de la tête, tout en continuant à conserver l'échantillon sûr et intact.

Dans un premier temps, l'équipe a réussi à accéder à une partie du matériau en maintenant enfoncé le rabat en mylar de la tête et en retirant l'échantillon à l'intérieur, avec une pince à épiler ou une pelle, en fonction de la taille du matériau. La collecte et le confinement des matériaux par cette méthode, combinés à la collecte antérieure de matériaux situés à l'extérieur de la tête, ont donné une masse totale dépassant les 60 grammes requis.

L'équipe passera les prochaines semaines à développer et à mettre en pratique une nouvelle procédure pour retirer l'échantillon d'astéroïde restant de la tête d'échantillonnage TAGSAM, tout en traitant simultanément le matériau déjà collecté. L'équipe scientifique d'OSIRIS-REx poursuivra également son plan visant à caractériser le matériau extrait, et commencera l'analyse de l'échantillon global obtenu jusqu'à présent.

Tous les travaux de conservation sur l'échantillon – et sur la tête TAGSAM – sont effectués dans une boîte à gants spécialisée sous un flux d'azote pour l'empêcher d'être exposé à l'atmosphère terrestre, préservant ainsi l'état impeccable de l'échantillon pour une analyse scientifique ultérieure. Les outils (de toute solution proposée pour extraire le matériau restant de la tête) doivent pouvoir tenir dans la boîte à gants et ne pas compromettre l'intégrité scientifique de la collection, et toutes les procédures doivent être conformes aux normes de la salle blanche.

Pendant que la procédure pour accéder à la dernière partie du matériel est en cours d'élaboration, l'équipe a retiré la tête TAGSAM du flux actif d'azote dans la boîte à gants, et l'a stockée dans son conteneur de transfert, scellé par un joint torique et placé dans un sac étanche en téflon pour garantir que l'échantillon est conservé en sécurité dans un environnement stable et riche en azote.

"La boîte à gants"

Les membres de l'équipe de conservation de la NASA ainsi que les spécialistes de la récupération de Lockheed Martin veillent au retrait réussi du couvercle de la boîte de retour d'échantillon.

Image : NASA/Robert Markowitz



James Webb Telescope

*L'instrument
pour explorer
les mondes
extraterrestres*



L'observatoire spatial plonge profondément dans l'Univers, dans l'atmosphère de tous les types d'exoplanètes, mais scrute aussi les planètes et les lunes de notre Système solaire...

Dans les années 1980, alors que la NASA mettait la touche finale au télescope spatial Hubble, les discussions ont commencé à se tourner vers ce que serait le prochain grand observatoire spatial de l'agence. La conception qu'ils ont imaginée était un immense observatoire infrarouge de 6,5 m de large, capable de scruter la distance, la poussière et même le temps en observant la faible lumière des premières galaxies. Nous le connaissons maintenant sous le nom du Télescope spatial James Webb (le JWST, ou Webb).

Au moment de ces premières discussions, l'humanité n'avait pas encore trouvé la moindre trace de l'existence de planètes en orbite autour d'autres étoiles, même si des astronomes supposaient leurs existences. La question : « *Sommes-nous seuls dans l'Univers ?* » n'est pas récente, et Giordano Bruno, partisan de la théorie copernicienne est mort sur le bûcher pour avoir trop montré son opinion... Mais les années, les siècles se sont écoulés, et les progrès de la science, de la technologie, permettent aujourd'hui d'assouvir, un peu, la soif de connaissance de l'humanité.

Il faut attendre 1995 (Michel Mayor et Didier Queloz) pour obtenir confirmation de l'existence d'une exoplanète, même si des annonces, trop hâtives et démenties, soient données dès 1980.

Cela a donc vraiment changé en 1995, lorsqu'il a été annoncé que la première planète extraterrestre confirmée, un « Jupiter chaud », avait été découvert autour de l'étoile 51 Pegasi.

Ils ont eu le prix Nobel en 2019 (avec James Peebles) pour couronner ce travail de recherche.

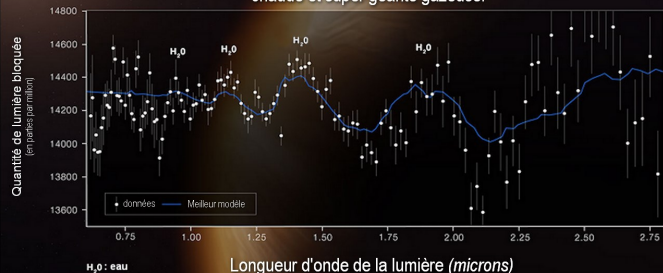
Tout cela va donc déclencher des décennies d'exploration de l'espace pour cette quête de mondes extraterrestres... et, pourquoi pas, habitables...

Les astronomes ont désormais répertorié plus de 5 000 exoplanètes vérifiées, et autant d'autres sont en attente de confirmation officielle. Cependant, pour la plupart de ces mondes, nous ne disposons que de quelques détails - peut-être seulement le temps qu'ils mettent pour orbiter, leur taille et leur masse. C'est suffisamment d'informations pour évaluer grossièrement la densité d'une planète et ainsi révéler si elle est principalement constituée de roches lourdes ou de gaz dense ; mais cela ne vous dit pas à quoi ressemble réellement la planète. C'est là qu'intervient JWST. Bien qu'il n'ait pas été conçu pour cela, le télescope peut observer l'atmosphère

Bien qu'ils ne soient pas sa principale proie, JWST a déjà levé le voile sur les mondes extraterrestres et la vie extraterrestre comme jamais auparavant.

WASP-96 b

Le télescope Webb donne le premier spectre complet de cette chaude et super géante gazeuse.



Des mesures exceptionnellement précises de la géante gazeuse WASP-96 montrent la signature de la vapeur d'eau.

d'une exoplanète et même repérer

les planètes elles-mêmes lorsqu'elles tournent autour de leur étoile hôte. « *JWST étudie toute la gamme des tailles d'exoplanètes* », explique Hannah Wakeford de l'Université de Bristol, « *Nous avons des choses rocheuses et plus petites que la Terre, jusqu'à des géantes gazeuses deux fois plus grandes que Jupiter* ».

Wakeford et son équipe étudient ce que l'on appelle les exoplanètes en transit. Ces planètes passent devant leur étoile (du point de vue de la Terre), bloquant un tout petit peu de la lumière de l'étoile. La plupart des missions de chasse aux exoplanètes, comme Kepler de la NASA ou TESS (le Transiting Exoplanet Survey Satellite), trouvent leurs planètes par la recherche de minuscules

Hannah Wakeford
Les télescopes Hubble et Webb lui servent à étudier les atmosphères et nuages des exoplanètes.

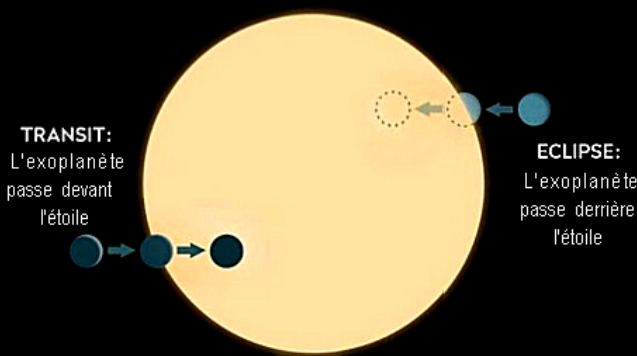
baisses de luminosité d'une étoile. Une fois que ceux-ci ont identifié l'emplacement d'une planète probable, JWST peut intervenir pour l'examiner de plus près. « *Avec JWST, nous essayons spécifiquement de mesurer l'atmosphère de la planète* », explique Wakeford. « *Nous pouvons le faire en observant la lumière qui traverse cette atmosphère... Nous sommes capables de voir une empreinte de la composition de l'atmosphère dans la lumière que nous mesurons. Cette empreinte est laissée lorsque les molécules de l'atmosphère absorbent une partie de la lumière des étoiles qui passe à travers. Le même type de molécule absorbe toujours les mêmes longueurs d'onde, laissant une bande sombre dans la lumière des étoiles et qui peut être détectée à l'aide d'une technique appelée spectroscopie* ».

JWST peut détecter un grand nombre de molécules, dont celle de la vapeur d'eau, comme cela a été présenté dans l'atmosphère de WASP-96b, et les tous premiers spectres de l'exoplanète découverts par JWST, en juillet 2022. La molécule H₂O est un ingrédient clé de l'évolution de la vie, et c'est également un élément essentiel de nombreux processus géologiques. Savoir combien il y a de choses sur d'autres mondes aidera les scientifiques des exoplanètes à mieux comprendre comment les planètes grandissent et évoluent. Mais il y a bien d'autres choses que JWST peut trouver dans le ciel des mondes extraterrestres, notamment des produits chimiques à base de carbone tels que le dioxyde de carbone et le monoxyde de carbone, qu'il a détectés pour la première fois sur WASP-39b l'année dernière et sur Terre, nous les appelons "gaz à effet de serre", qui absorbent le rayonnement infrarouge ; notre atmosphère contient ces gaz qui bloquent la lumière infrarouge. « *C'est la première fois que nous pouvons obtenir une spectroscopie de ces gaz à base de carbone dans les atmosphères de tant de planètes différentes* », dit Wakeford.

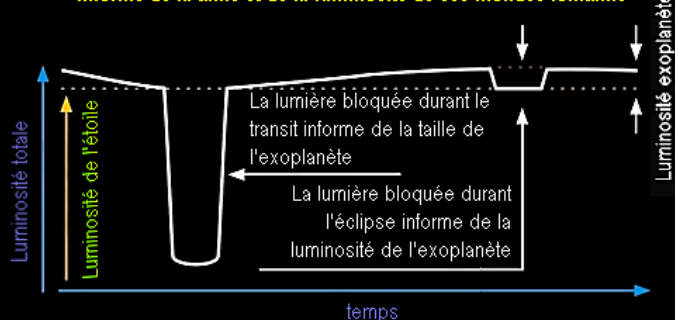
Découverte en 2014 par une équipe internationale, **WASP-96b** est un monde avec une atmosphère riche en sodium. La planète, située à près de 1 150 années-lumière de la Terre, tourne autour de son étoile tous les 3,4 jours. Sa masse est environ la moitié de celle de Jupiter et sa découverte a été annoncée en 2014.

En juin 2022, le télescope spatial Webb a capturé la signature distincte de l'eau, ainsi que des preuves de nuages et de brume, dans l'atmosphère de cette planète géante gazeuse chaude et gonflée, qui orbite autour d'une étoile lointaine. L'observation est la plus détaillée du genre à ce jour, démontrant la capacité sans précédent de Webb à analyser des atmosphères situées à des centaines d'années-lumière.

Située dans la constellation du Phénix du ciel austral, WASP-96b représente un type de géante gazeuse qui n'a pas d'analogue direct dans notre Système solaire. Avec une masse inférieure à la moitié de celle de Jupiter et un diamètre 1,2 fois plus grand, WASP-96 b est beaucoup plus gonflée que n'importe quelle planète en orbite autour de notre Soleil ; avec une température supérieure à 500°C, il y fait bien chaud. WASP-96 b orbite extrêmement près de son étoile, semblable au Soleil, à seulement un neuvième de la distance entre Mercure et le Soleil.



Le changement de la luminosité totale du système dans le temps nous informe de la taille et de la luminosité de ces mondes lointains



La manière dont la luminosité change durant l'éclipse nous informe de l'apparence générale de l'exoplanète

La baisse progressive indique une brillance uniforme

Une baisse rapide indique un point brillant

Même un changement de seulement 2 % de la luminosité autorise JWST à fournir une manne d'informations sur une exoplanète...

JWST est également capable d'observer une planète lorsqu'elle passe derrière son étoile ; la planète est ainsi éclipée. Cela produit un affaiblissement bien plus petit, car l'étoile bloque la lumière infrarouge émise par la planète. « *Les éclipses nous donnent des informations sur les structures thermiques de l'atmosphère, donc sur la façon dont la température change avec l'altitude dans l'atmosphère* », explique Wakeford. « *La température est vraiment essentielle pour la chimie que nous allons observer* ».

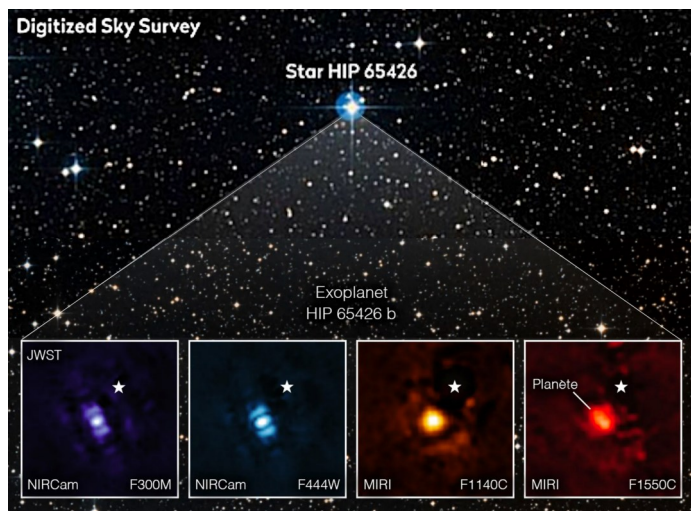
Cependant, aucune des méthodes n'est facile.

« JWST a été conçu pour détecter des galaxies très faibles du début de l'Univers », explique Sarah Kendrew, qui fait partie de l'équipe opérationnelle JWST pour le compte de l'Agence spatiale européenne. « Nous observons des étoiles proches qui sont extrêmement brillantes. Les observations d'exoplanètes repoussent définitivement les limites de ce que nous pouvons faire ». En effet, l'affaiblissement recherché par les astronomes pour étudier les exoplanètes ne représente que 2 %, souvent moins, de la luminosité totale de l'étoile.

Pour s'en rendre compte, JWST doit surveiller avant le début du transit et jusqu'à sa fin, en gardant l'étoile centrée avec une précision au niveau du pixel. Chaque transit dure six à huit heures, mais s'il y a plus d'une planète dans un système, les périodes d'observation peuvent être encore plus longues.

« La première année d'observations avait un programme qui observait une étoile pendant plus de 40 heures », dit Kendrew, « avant le lancement, nous ne savions pas à quel point l'observatoire serait stable sur une telle échelle de temps, mais en fait, c'est incroyable. Sur 40 heures, la plus grande dérive que nous avons vue était d'une fraction de pixel. Il y a un programme à venir qui veut observer plus de 55 heures ».

Alors que les transits et les éclipses ne permettent d'observer les planètes qu'indirectement, via leurs effets sur la lumière des étoiles, JWST est suffisamment puissant pour effectuer des observations directes, non seulement des planètes, mais aussi des disques de poussière et de gaz qui les créent, appelés disques protoplanétaires. Les planètes claires ne réfléchissent que la lumière visible, elles émettent leur propre lumière infrarouge sous forme de chaleur, mais considérablement moins que l'étoile. Pour éviter que la planète ne soit noyée par l'éblouissement de l'étoile, JWST utilise une méthode connue sous le nom de coronagraphie.



La toute première image directe d'une exoplanète, la géante gazeuse HIP 65426 b, obtenue par JWST, en utilisant la coronagraphie pour bloquer la lumière de son étoile.

« Nous avons des masques spéciaux qui permettent la coronagraphie ; nous faisons de l'imagerie en bloquant la lumière de l'étoile centrale pour imaginer les disques ou les planètes », explique Kendrew. C'est ainsi que JWST a pu trouver de l'eau dans les régions internes du disque protoplanétaire autour de l'étoile PDS 70. C'est dans cette région que se forment les planètes rocheuses, mais des études antérieures suggéraient que le rayonnement de l'étoile évaporait toute l'eau.

Les planètes telluriques pourraient, après tout, avoir accès à l'eau.



"There are many ways to be a scientist – find out what you love and don't be afraid to be different!"

Sarah Kendrew
ESA scientist for Webb's MIRI instrument

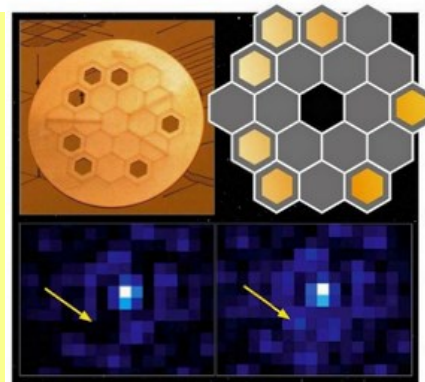


« Il existe de nombreuses façons de devenir scientifique : découvrez ce que vous aimez et n'ayez pas peur d'être différent ! ».

Sarah Kendrew, scientifique de l'ESA pour l'instrument MIRI de Webb.

JWST dispose d'une dernière méthode pour observer directement les planètes, en utilisant un autre type de masque comportant sept trous. Cela transforme l'observatoire spatial du télescope géant en sept petits télescopes, travaillant ensemble via une technique connue sous le nom d'interférométrie. Comme une grande partie de la lumière est perdue, cela ne peut être fait que sur des objets brillants tels que les étoiles, mais cela améliore la résolution du JWST jusqu'à deux fois et demie. Cela permet aux astronomes de résoudre des objets rapprochés qui autrement apparaîtraient comme une seule tache : une étoile et sa planète environnante, ou un disque protoplanétaire.

Haut : un masque bloquant tous les miroirs du JWST, sauf sept, permet à l'imageur proche infrarouge NIRI, et au spectrographe NIRISS d'être utilisés pour l'interférométrie.



Bas : interférogrammes simulés d'une étoile seule (à gauche) et à quoi elle ressemblerait avec une planète (à droite).

Les deux techniques de masque peuvent déterminer la taille d'une planète, son orbite et même effectuer une spectroscopie de l'atmosphère, tout comme la méthode du transit, mais elles le font sur des types de planètes très différents. Plus la séparation entre la planète et l'étoile est grande, plus il est facile de différencier les deux. Une planète observée par JWST, VHS 1256b, est quatre fois plus loin de son étoile que Pluton ne l'est du Soleil, mais JWST était toujours capable de détecter des nuages de silicate s'élevant comme de la fumée à travers son atmosphère.

Le potentiel des mesures possibles par JWST est ce qui en fait un outil si puissant. En examinant les planètes naissantes émergent des disques protoplanétaires, jusqu'à celles qui sont

De la vapeur d'eau a été détectée à moins de 160 millions de kilomètres de PDS 70, dans le disque où pourraient se former les planètes telluriques.



Image d'artiste

Y at-il quelqu'un là-bas ?

C'est l'une des plus grandes questions de l'humanité :

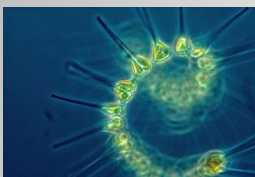
« une vie extraterrestre pourrait-elle nous attendre dans le cosmos ? »

JWST pourrait-il être le télescope qui nous donnera la réponse ?

Malheureusement non. Mais nous devons en apprendre suffisamment pour la reconnaître.

Pour être observée par la méthode du transit, une planète doit orbiter près de son étoile, où elle sera bombardée par des radiations mortelles. Même si certains organismes ont réussi à évoluer malgré ces assauts, JWST n'est capable d'identifier que les gaz présents dans l'atmosphère d'une planète.

Les limites de cette approche ont déjà été soulignées par l'observation potentielle de sulfure de diméthyle sur K2-18b, annoncée en septembre 2023. Sur Terre, la seule source connue de sulfure de diméthyle provient d'organismes vivants, comme le phytoplancton marin. Cependant, K2-18b est une planète sub-Neptune, une catégorie d'exoplanètes qui n'est pas du tout bien comprise.

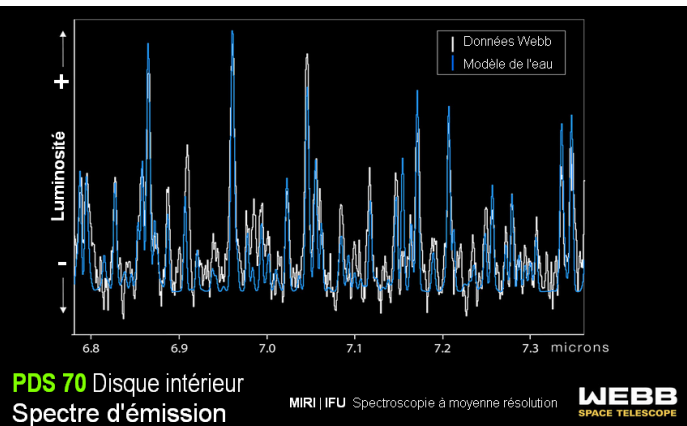
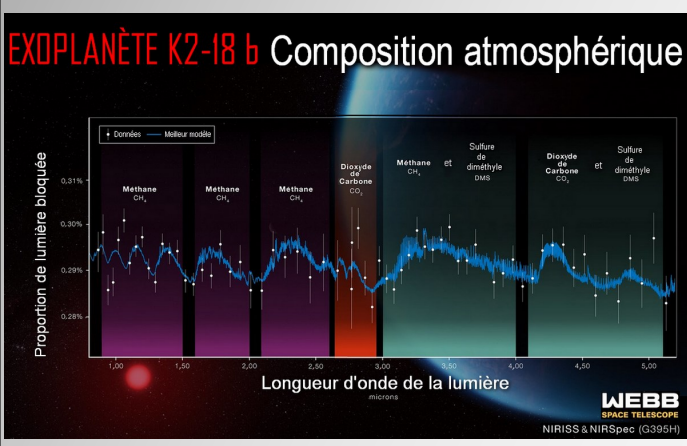


Phytoplancton marin

Nous ne savons pas assez bien à quoi devrait ressembler son atmosphère en l'absence de vie pour dire que ce gaz est définitivement créé par la vie plutôt que par un autre processus chimique ou géologique.

« L'un des éléments clés de la recherche de la vie est qu'elle prend tout », explique Wakeford, « De la compréhension de la formation des premières étoiles, qui ont ensuite amené la supernova à créer les éléments qui composent ces systèmes planétaires ultérieurs, à l'importance des collisions de galaxies, en passant par la compréhension de l'environnement dans lequel notre Soleil est apparu ».

La beauté de JWST est qu'il nous donne accès à chaque étape de cette histoire.



beaucoup plus avancées dans leur durée de vie, JWST aidera les géologues planétaires à élaborer leurs théories sur la façon dont les exoplanètes se développent et évoluent au fil du temps.

Mais ce qui est peut-être le plus intéressant, c'est que JWST peut déterminer quelles planètes n'ont pas d'atmosphère du tout. En regardant vers la naine rouge TRAPPIST-1, on s'attendait à trouver une atmosphère similaire à celle de Vénus. Au lieu de cela, il n'a vu aucune trace d'une épaisse atmosphère riche en dioxyde de carbone. Pendant ce temps, la planète la plus intérieure du système reflète tellement de lumière que cela suggère que toute atmosphère qu'elle a jamais eue a été entièrement supprimée. De telles découvertes aideront à répondre à l'une des questions les plus urgentes de la science des exoplanètes :

« À quel moment une planète rocheuse devient-elle une géante gazeuse ? dit Wakeford, « ici, il y a cette transition des planètes, depuis les rocheuses - les planètes telluriques comme la Terre - vers les géantes gazeuses comme Uranus et Neptune. Il y a une nette coupure... Est-ce une règle : nous sommes trop gros maintenant. Nous devenons une géante gazeuse... Je n'en ai absolument aucune idée. C'est donc l'un des objectifs clés du JWST, observer ce genre de planètes d'une manière que nous n'avons jamais pu faire auparavant ».

Des yeux vers la Terre

Notre propre système solaire met en évidence pourquoi les atmosphères planétaires sont si importantes.

JWST est peut-être de l'un des investigateurs d'exoplanètes les plus performants jamais conçus, mais il existe de nombreuses planètes qu'il ne peut pas voir, y compris celles comme les nôtres. La Terre est beaucoup trop petite pour une imagerie directe, et si JWST peut voir des planètes de la taille de la Terre via la méthode de transit, il ne peut le faire qu'autour d'étoiles sombres. Pour trouver notre planète face au Soleil brillant, il faudrait observer jusqu'à 100 transits. Étant donné que la Terre ne passe devant le Soleil qu'une fois par an, cela signifierait un siècle d'observation pour une seule planète.

Même si JWST voit notre planète, les astronomes auraient du mal à comprendre ce qu'ils voient. « Si nous pouvions mesurer notre Système solaire, nous verrions la Terre et Vénus et supposerais qu'elles sont toutes les deux identiques, alors qu'elles ne le sont certainement pas », explique Wakeford. C'est une erreur facile à commettre. Vénus et la Terre sont à peu près à la même distance de leur étoile, le Soleil, et ont la même taille et la même densité. Et c'est tout ce que nous savons sur la plupart des exoplanètes.

Ce n'est qu'en comparant leurs atmosphères que les véritables différences apparaissent. L'histoire géologique de la Terre lui a permis de maintenir une atmosphère riche en azote, suffisamment tempérée pour la formation des océans. Le passé volcanique de Vénus a donné naissance à une atmosphère composée presque entièrement de dioxyde de carbone, où la pression à la surface est 92 fois supérieure à celle de la Terre et où les températures atteignent 475°C.

Jusqu'à maintenant, les géologues planétaires n'ont pu tester leurs théories sur de telles différences qu'avec le nombre limité de mondes de notre Système solaire. Mais, à mesure que JWST va en révéler davantage sur les atmosphères des exoplanètes, plus nous approfondissons notre compréhension de la chimie et de la géologie qui mènent à ce qu'une planète finit comme la Terre et une autre comme Vénus.

JWST a déjà pris un bon départ dans sa quête pour mieux comprendre les exoplanètes, ayant déjà observé 111 planètes différentes, et 65 autres sont prévues au cours de sa deuxième année. Lentement mais sûrement, il dresse un inventaire de ce à quoi ressemblent les planètes de notre Galaxie, rapprochant ainsi l'humanité de la compréhension de la naissance de notre monde.

Ils étaient prisonniers dans la glace...

Hauts niveaux de radioactivité artificielle mesurés dans les glaciers

Un problème inattendu : risques associés à la fonte des glaciers.

Des niveaux étonnamment élevés d'isotopes radioactifs artificiels trouvés ont été mesurés dans les glaciers ; ceux-ci accumulent des quantités importantes de radionucléides issus d'accidents nucléaires et d'essais d'armes, parfois dans des concentrations radioactives les plus élevées jamais trouvées en dehors des zones d'exclusion nucléaire et des sites d'essais.

Pensez aux glaciers et aux images de vastes plaques de glace immaculées, recouvrant des étendues de l'Arctique et de l'Antarctique. S'il est vrai que 99 % de la glace glaciaire est limitée aux régions polaires de notre planète, les glaciers se trouvent également dans les chaînes de montagnes, sur presque tous les continents, couvrant près de 10 % de la surface terrestre de la Terre. La glace glaciaire est également le plus grand réservoir d'eau douce de notre planète, contenant près de 69 % de l'eau douce du monde.

Souvent, ils apparaissent comme de belles rivières de glace argentées sur les images mais les glaciers contiennent de nombreux dépôts organiques, tels que de la poussière et des microbes. Mais les chercheurs découvrent qu'ils contiennent également une quantité inquiétante de matières nucléaires toxiques, et nous commençons seulement à comprendre les risques posés par la fonte des glaciers.

« Pour certains de ces glaciers qui ont été évalués, en particulier ceux des Alpes européennes et d'autres parties de l'Europe, les concentrations de certains de ces radionucléides de retombées sont aussi élevées que ce qui a été enregistré dans des zones sinistrées comme Tchernobyl ou la région de Fukushima. au Japon », explique Philip Owens, spécialiste de l'environnement à l'Université de Northern British Columbia, au Canada.

De près, les glaciers ne sont pas parfaitement blancs. Ils sont souvent d'aspect gris et sale, voire noir par endroits, à cause

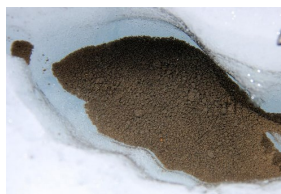


Philip Owens
Professeur, programme
des sciences de
l'environnement.

des dépôts de matière diverse accumulée. Connue sous le nom de cryoconite, ce sédiment sombre et fin qui se forme sur les surfaces glaciaires est composé de poussière, de saleté et de suie, ainsi que de petites particules de roche et de minéraux. Il provient de divers endroits, y compris de l'environnement local, comme les roches altérées et le sol exposé près du glacier, mais aussi de sources lointaines comme les déserts et les terres arides, les incendies de forêt et les moteurs à combustion. Ces matériaux sont transportés sur les glaciers par divers processus tels que le vent, la pluie, les circulations atmosphériques et les activités anthropiques et animales. Parce que cette cryoconite est de couleur sombre, elle se réchauffe au soleil et fait fondre la glace, créant des dépressions remplies d'eau. Ces trous deviennent alors des pièges pour plus de matière, provoquant la formation de plus



Cryoconite déposée sur un glacier finlandais.



Ci-contre, un trou de cryoconite dans le glacier Forni des Alpes européennes. (Image : Giovanni Baccolo - Institut Paul Scherrer)

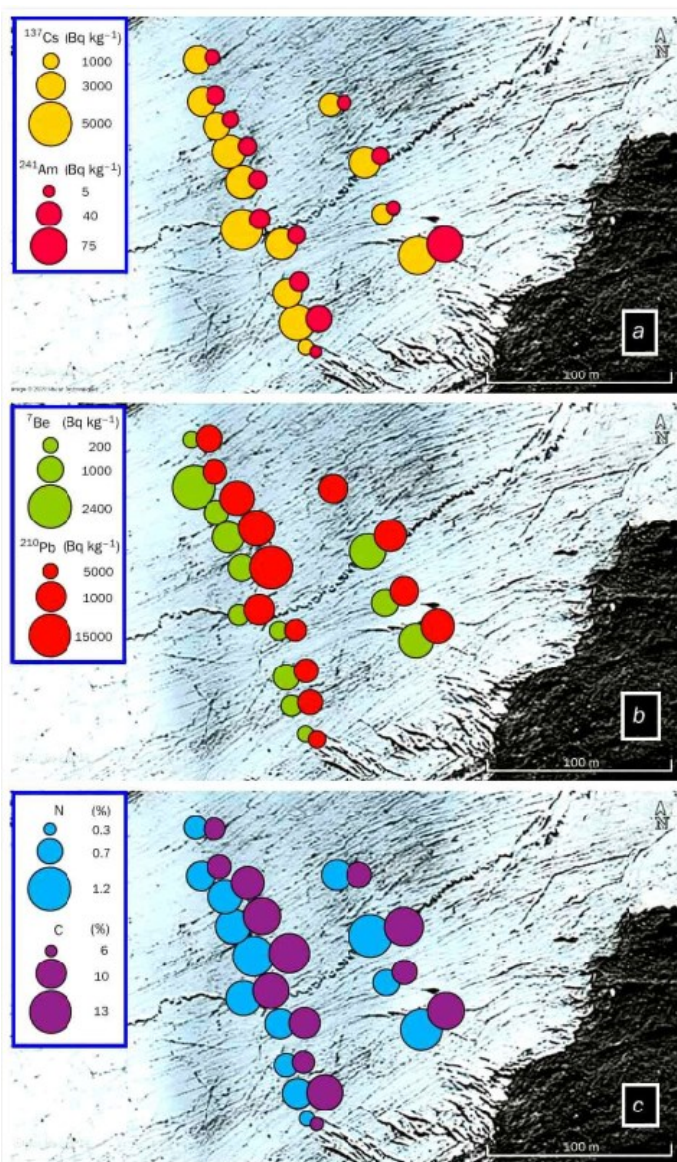
grandes collections de cryoconite. La cryoconite regorge également de matières organiques telles que des algues, des champignons, des bactéries et d'autres microbes. Au fur et à mesure que ceux-ci se rassemblent, croissent et se multiplient sur le sédiment, ils commencent à former une partie considérable de la masse de cryoconite. La matière organique produit également des biofilms collants, qui aident les microbes à adhérer aux sédiments et les uns aux autres, et à former des communautés, aidant les collections de cryoconite à se développer davantage.

Mais la cryoconite n'est pas seulement composée de roches, de poussière, de saleté et de microbes. La recherche a montré qu'elle regorge également de nombreux contaminants anthropiques différents, notamment des métaux lourds, des pesticides,

des microplastiques et des médicaments. Comme les composants plus naturels, ceux-ci sont également piégés par les dépressions aqueuses et les biofilms collants, se liant à la poussière et aux minéraux dans les sédiments.

Retombées radioactives de grande envergure.

Au cours des dernières années, il est devenu clair que la cryoconite est souvent pleine d'un autre contaminant plutôt inattendu : de la matière nucléaire sous la forme de « radionucléides de retombées ». Les tests ont révélé que les concentrations de ces radionucléides artificiels dépassent largement celles d'autres environnements terrestres. En effet, certains de ces sédiments sont les plus radioactifs jamais trouvés en dehors des zones d'exclusion nucléaire et des sites d'essais.



À travers le glacier : variabilité spatiale de certaines activités de radionucléides [a] : anthropiques, [b] naturelles et [c] la teneur en carbone et en azote de la cryoconite sur Isfallsglaciären en Suède.

Les points d'échantillonnage pour les échantillons de cryoconite G1 à G14 sont centrés sous les cercles jaune, vert et bleu en [a - c] respectivement. Le radionucléide béryllium-7 (^7Be) n'a pas été détecté au-dessus de la quantité minimale détectable dans l'échantillon G14 [b].

(CC BY 4.0 Clason et al. 2021 The Cryosphere 15 5151/© Google Earth).

On sait depuis un certain temps que la surface des glaciers peut avoir des niveaux de radioactivité inhabituellement élevés. Ces dernières années, les scientifiques ont exploré la question plus en détail. Selon la glaciologue Caroline Clason de l'Université de Durham, au Royaume-Uni, la concentration de radioactivité observée dans la cryoconite est parfois « deux ou même trois ordres de grandeur supérieure à celle que l'on trouverait dans d'autres types de matrices environnementales, comme les sédiments et les sols, les lichens et les mousses que nous trouvons dans différentes parties du monde ».



Caroline Clason

En 2017, Clason et ses collègues ont découvert que les niveaux de retombées radionucléides dans la cryoconite du glacier Isfallsglaciären dans l'Arctique suédois étaient jusqu'à 100 fois plus élevés que dans les matériaux collectés dans la vallée autour du glacier (figure à gauche : "À travers le glacier"). Les concentrations de l'isotope radioactif césium-137 (^{137}Cs) atteignaient 4 500 becquerels par kilogramme (Bq/kg), avec des niveaux moyens d'environ 3 000 Bq/kg (TC 15 5151). « C'est assez incroyable la quantité [de radioactivité] que le matériau à la surface du glacier a réussi à accumuler », déclare Clason, « beaucoup plus que ce que nous voyons dans le reste de l'environnement au même endroit ».

En 2018, la cryoconite sur un glacier norvégien s'est avérée encore plus radioactive (Sci. Tot. Env. 814 152656). Des échantillons, prélevés par une équipe dirigée par Edyta Łokas, géologue à l'Institut de physique nucléaire de l'Académie polonaise des sciences, à partir de 12 trous de cryoconite sur le glacier Blåisen ont révélé des concentrations de ^{137}Cs aussi élevées que 25 000 Bq/kg, avec un niveau moyen d'environ 18 000 Bq/kg. Les niveaux de ^{137}Cs dans les sols et les sédiments sont généralement compris entre 0,5 et 600 Bq/kg (Sci. Rep. 7 9623).



Edyta Łokas

La contamination de Tchernobyl.

Les radionucléides artificiels ^{137}Cs et le césium 134 (^{134}Cs) sont produits par la fission de l'uranium 235 dans les réacteurs nucléaires et certaines armes nucléaires. La plupart des isotopes de césium sur les glaciers norvégiens et suédois proviennent de l'accident nucléaire de Tchernobyl, mais il y a aussi des retombées des centaines d'essais nucléaires atmosphériques effectués au milieu du 20^{ème} siècle.

Une des pires catastrophes de l'histoire de la production d'énergie nucléaire : l'incident de Tchernobyl a eu lieu le 26 avril 1986 lors d'un essai à faible puissance du réacteur numéro quatre de la centrale nucléaire de Tchernobyl, qui se trouvait alors en Union soviétique. Le test a provoqué une explosion et un incendie qui ont détruit le bâtiment du réacteur, et l'incident catastrophique a libéré une quantité importante de matières radioactives, notamment des isotopes de plutonium, d'iode, de strontium et de césium. La majeure partie est tombée à proximité immédiate de la centrale nucléaire, de vastes zones de ce qui est aujourd'hui l'Ukraine, la Biélorussie et la Russie ; mais les circulations atmosphériques, ainsi que les vents et les tempêtes, l'ont également dispersée sur une grande partie de l'hémisphère nord. Les conditions météorologiques ont fait déverser une quantité substantielle des retombées radioactives de Tchernobyl en Scandinavie. On estime que la Norvège a reçu environ 6 % du ^{137}Cs et du ^{134}Cs rejetés par la centrale nucléaire.

Les isotopes ont été transportés dans le pays par un vent du sud-est et se sont déposés avec les précipitations dans les jours qui ont suivi la catastrophe nucléaire.

Le césium est ensuite entré dans la chaîne alimentaire, car il a été absorbé par les plantes, les lichens et les champignons, qui ont été ensuite mangés par les animaux au pâturage, tels que les rennes et les moutons. Dans les années qui ont suivi la catastrophe, de grandes quantités de viande, de lait et de fromage de rennes et de moutons en Norvège et en Suède avaient des concentrations d'isotopes de césium qui dépassaient massivement les limites fixées par les autorités. Ces aliments sont encore régulièrement testés.

Il y a également eu des retombées importantes de Tchernobyl dans les Alpes autrichiennes, avec de fortes pluies dans les jours qui ont suivi la catastrophe, entraînant des niveaux de contamination très élevés dans certaines régions. Une enquête de 2009 sur les glaciers Hallstätter et Schladminger, dans le nord de l'Autriche, a trouvé des concentrations de ^{137}Cs dans la cryoconite allant de 1 700 Bq/kg à 140 000 Bq/kg (J. Env. Rad. 100 590).

Vent, pluie, feu et plus encore.

Il semble y avoir plusieurs raisons pour lesquelles la cryoconite accumule des radionucléides et devient si radioactive. Les matières radioactives sont transportées dans l'atmosphère par les vents suivant les schémas de circulation mondiaux. Cette matière est ensuite éliminée de l'atmosphère par les précipitations, qui sont connues pour être particulièrement efficaces pour collecter les particules et les ramener au sol. De plus, les niveaux de pluie, de neige et de brouillard ont tendance à être élevés dans les régions montagneuses et polaires qui abritent des glaciers.

Beaucoup de matériaux secs, provenant de phénomènes tels que les incendies de forêt et les tempêtes de poussière, sont également déversés dans les environnements glaciaires. Cette poussière, cette suie et ces matériaux similaires se déplacent via la circulation atmosphérique, mais ce faisant, ils commencent à se lier et à piéger d'autres matériaux de l'atmosphère - y compris des polluants tels que les radionucléides - jusqu'à ce qu'ils deviennent trop lourds et tombent au sol.

Une fois que les radionucléides et autres contaminants sont dans l'environnement glaciaire, ils sont déplacés par des processus hydrologiques. Dans les parties les plus chaudes de l'année, la neige et la glace dans un bassin versant glaciaire fondent, ainsi que des parties du glacier lui-même. Cette eau de fonte s'écoule sur et au-dessus du glacier, entraînant avec elle des contaminants tels que les radionucléides stockés dans la neige et la glace. Au

fur et à mesure que l'eau s'écoule à travers des canaux et des trous à travers le glacier, elle est filtrée par la cryoconite située dans les dépressions, qui regorgent de matériaux, notamment de limon et d'argile, connus pour lier des éléments tels que des radionucléides, des métaux et d'autres particules anthropiques.

Charognards organiques.

Le composant biologique de la cryoconite semble également renforcer sa capacité à collecter et à accumuler les radionucléides. En effet, Łokas explique que pour la cryoconite avec une forte proportion de matière organique, comme les algues, les champignons et les bactéries, la concentration de radionucléides est beaucoup plus élevée.

Edyta Łokas de l'Institut de physique nucléaire de l'Académie polonaise des sciences de Cracovie sur un glacier couvert de trous de cryoconite.



La cryoconite du glacier Blåisen en Norvège, qui présentait des niveaux de radioactivité particulièrement élevés, avait également une teneur organique élevée. Alors que des études sur d'autres glaciers ont trouvé de la cryoconite contenant entre 5 % et 15 % de matière biologique, les sédiments de Blåisen contenaient environ 30 % de matière organique. Les chercheurs disent que cela pourrait être en partie la raison de ses fortes concentrations de radionucléides.

Łokas pense que la capacité de la cryoconite à retenir et à concentrer les radionucléides semble être « liée aux propriétés de liaison aux métaux des substances extracellulaires qui sont excrétées par les micro-organismes ». Ces biofilms collants immobilisent les métaux, et d'autres matériaux qui peuvent être toxiques, pour les empêcher de pénétrer dans les cellules des micro-organismes, explique-t-elle.

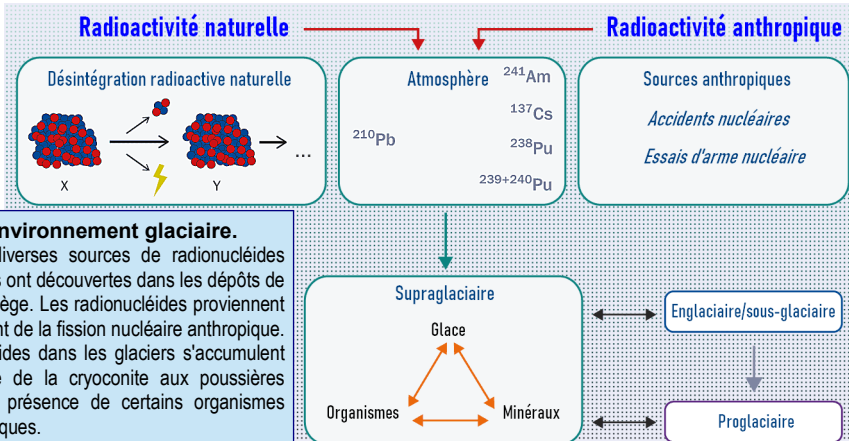
Ce lien entre la matière organique et les radionucléides de retombées a également été repéré ailleurs. Lorsque Owens a analysé des échantillons de cryoconite du glacier Castle Creek en Colombie-Britannique, au Canada, il a trouvé une relation positive significative entre la concentration de radionucléides dans les échantillons et le pourcentage de matière organique (Sci. Rep. 9 12531). Plus il y a de matériel biologique, plus il y a de matériel radioactif.

Les tests ont trouvé le radionucléide naturel ^{210}Pb , qui a une demi-vie de 22,3 ans - qui se forme dans l'atmosphère via la désintégration radioactive du radon (^{222}Rn). Les sources anthropiques telles que les accidents nucléaires et les essais d'armes ont contribué aux isotopes du césium (^{137}Cs), du plutonium (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu) et de l'américium (^{241}Am), qui se sont tous retrouvés dans le système glaciaire.

Les éléments sont transférés de l'atmosphère via différents processus et se retrouvent dans différentes parties du glacier; comme sur la surface du glacier (supraglaciaire), dans la marge du glacier et de la calotte glaciaire adjacente (proglaciaire), dans le corps du glacier (englaciaire) et au fond du glacier (sous-glaciaire).

Radionucléides & environnement glaciaire.

Cette illustration montre les diverses sources de radionucléides qu'Edyta Łokas et ses collègues ont découvertes dans les dépôts de cryoconite des glaciers de Norvège. Les radionucléides proviennent de sources naturelles et résultent de la fission nucléaire anthropique. Les niveaux de ces radionucléides dans les glaciers s'accumulent grâce à l'exposition prolongée de la cryoconite aux poussières atmosphériques, ainsi qu'à la présence de certains organismes cryophiles et de matières organiques.



Owens explique que les radionucléides de retombées sont partout. Ce qui se passe sur les glaciers, dit-il, c'est qu'ils « se concentrent sur ces très petits endroits à la surface du glacier ». Il existe des moyens par lesquels les matériaux qui composent les sédiments et les substances extracellulaires excrétées par les micro-organismes qui y vivent peuvent lier les contaminants. Tout cela fait de la cryoconite un agent de piégeage très efficace et, au fil du temps, les radionucléides qui sont tombés sur tout le bassin glaciaire s'y concentrent.

Sources et concentrations variables.

Bien qu'il ait tendance à être le plus concentré, le ^{137}Cs n'est pas le seul radionucléide présent dans la cryoconite. Des concentrations élevées d'autres matières radioactives, telles que les isotopes de l'américium-241 (^{241}Am), du bismuth-207 (^{207}Bi) et du plutonium (Pu), ont également été détectées. Ceux-ci sont liés aux retombées mondiales des radionucléides des essais d'armes nucléaires atmosphériques plutôt qu'aux catastrophes nucléaires. Ce mélange d'apports, la circulation atmosphérique mondiale et les modèles météorologiques, montrent que les sources et les concentrations de radioisotopes sur les glaciers varient à travers la planète. Par exemple, Owens dit que bien que les niveaux de radionucléides soient élevés dans les cryoconites au Canada, ils proviennent principalement des essais de bombes nucléaires, car c'est loin de Tchernobyl. Łokas analyse actuellement les détails de la radioactivité dans les cryoconites de divers sites à travers le monde, notamment dans l'Arctique, l'Islande, les Alpes européennes, l'Amérique du Sud, les montagnes du Caucase, la Colombie-Britannique et l'Antarctique. Des glaciologues de nombreux pays, dont Owens et Clason, ont collecté et testé des échantillons pour ce travail. Des tests ont montré que la radioactivité est particulièrement élevée dans les Alpes et en Scandinavie, tandis que Łokas affirme que les niveaux les plus bas trouvés jusqu'à présent se trouvent sur les glaciers d'Islande et du Groenland. « *Aucun signal de Tchernobyl n'a été identifié dans ces zones, juste les retombées mondiales des essais d'armes* », ajoute Łokas.

Les travaux ont également identifié des radionucléides intéressants. Selon Łokas, les proportions de ^{238}Pu , ^{239}Pu et ^{240}Pu sont plus élevées dans les cryoconites de l'hémisphère sud que dans l'hémisphère nord. Cela est dû à la panne d'un satellite transportant un générateur radiothermique SNAP-9A en 1964. Le satellite s'est désintégré, libérant environ un kilogramme de ^{238}Pu dans l'atmosphère, principalement au-dessus de l'hémisphère sud. Il y a aussi un pic d'isotopes ^{238}Pu provenant d'échantillons du glacier Exploradores en Patagonie chilienne. Ceci est probablement lié à l'échec du lancement de la sonde russe vers Mars, qui s'est brisée dans l'atmosphère au-dessus de l'Amérique du Sud en 1996, dit Łokas. Elle transportait environ 200 g de pastilles de ^{238}Pu et, bien que leur sort exact soit inconnu, on pense qu'elles sont tombées quelque part au-dessus du Chili et de la Bolivie.

Source d'inquiétude ?

« *On ne sait pas encore à quel point nous devons nous inquiéter de cette concentration de matières radioactives sur les glaciers. Il n'y a aucune certitude quant à savoir si cela pose un risque environnemental à grande échelle, ou s'il s'agit d'un problème localisé sur les glaciers* », dit Clason, « *Je ne voudrais certainement pas aller manger ce qu'il y a sur la surface de la glace ; c'est vraiment assez radioactif par rapport à d'autres sédiments environnementaux* », ajoute-t-elle. « *Mais dans quelle mesure c'est un problème une fois que vous êtes en dehors de ce bassin glaciaire immédiat...*

nous ne le savons tout simplement pas ».

Lorsque les sédiments reposent sur le glacier, il est peu probable que ce soit un problème pour l'écosystème et la santé humaine. Mais à mesure que les glaciers fondent et se retirent, de plus en plus de ces matériaux hérités par la glace sont libérés.

Mais, il y a des raisons de s'inquiéter. Les matières radioactives ont des effets négatifs bien documentés sur la santé. Les glaciers stockent également de grandes quantités d'eau douce. Des milliards de personnes dans le monde utilisent l'eau de fonte pour l'agriculture et l'eau potable. À mesure que le climat se réchauffe, les glaciers reculent également, ce qui pourrait potentiellement libérer des contaminants et des sédiments stockés à des concentrations élevées.

« *Avec toute la fonte glaciaire, ce matériau cryoconite entre beaucoup plus en contact avec l'eau de fonte. Il commence maintenant à être exposé et peut être livré à l'écosystème en aval* », explique Owens. On ne sait pas non plus exactement quelle quantité de radioactivité il peut y avoir dans un système glaciaire. « *En plus du dépôt atmosphérique direct de radionucléides, une grande partie de la radioactivité que nous voyons dans la cryoconite est probablement fournie à partir de vieilles neiges et glaces qui ont été déposées il y a de nombreuses années* », explique Clason. La glace elle-même a donc un inventaire de radioactivité qui n'est pas bien compris.

« *Une fois qu'elles se sont déversées dans les rivières, les matières radioactives sont susceptibles d'être diluées* », dit Owens, « *mais nous ne savons pas comment...* ».

Clason est d'accord : « *Bien que les concentrations soient élevées là où nous échantillons, dans le grand schéma des choses, une fois que tout ce matériau a été lavé ou que le glacier fond et le dépose dans l'environnement, il peut être dilué dans la mesure où il n'est pas au-dessus des concentrations admissibles que nous constatons ailleurs dans l'environnement* », dit-elle.

À l'avenir, Clason espère effectuer une analyse plus détaillée de la quantité de cryoconite sur les surfaces glaciaires, en utilisant des techniques telles que l'imagerie par drone à haute résolution. Cela permettrait aux chercheurs d'estimer la quantité de radioactivité qu'il pourrait y avoir sur un glacier.

Cartographier la cryoconite à la surface de cette manière, puis combiner les informations avec des modèles de fonte des glaciers, pourrait nous aider à comprendre comment les sédiments et les contaminants qu'ils contiennent pourraient être libérés dans le futur.

Glacier du Gries dans les Alpes



De nouveaux et plus grands télescopes spatiaux avec les nouveaux lanceurs...

LUVOIR : concept d'observatoire UV et IR de 15 mètres. (vue d'artiste)

Les astronomes affirment que les nouveaux télescopes devraient tirer parti du « paradigme du vaisseau spatial ».

Pour info, *paradigme*, un mot à la mode en ce moment (ça impressionne l'auditoire), ce n'est qu'une manière de dire autrement les choses, à savoir ici, changer de type de lanceur, pour mettre plus gros et plus lourd dans la coiffe... à moindre coût tant qu'à faire.

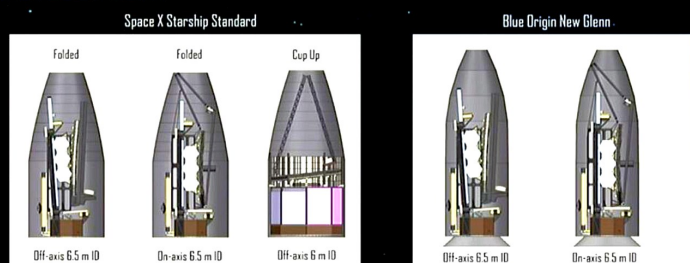
SpaceX, qui caracole toujours en tête avec son écurie : la Falcon 9, la Falcon Heavy, et bientôt Starship, a sérieusement secoué l'industrie spatiale, en baissant les prix et en augmentant les cadences de lancement. L'arrivée sous peu de lanceurs à grosse capacité comme Starship (*SpaceX*) ou New Glenn (*Blue Origin*) est une opportunité pour s'attaquer à des choses plus grandioses dans le ciel pour les astronomes. La conception de nouveaux instruments va pouvoir se libérer des contraintes de dimension et de poids, et oublier les « origamis à la James Webb »...

« La disponibilité d'une plus grande capacité de masse et de volume, à moindre coût, élargit l'espace de conception », a déclaré Charles Lawrence, scientifique en chef pour l'astronomie et la physique au Jet Propulsion Laboratory de la NASA. « Nous voulons en profiter » at-il ajouté.



Charles Lawrence (JPL)

NOTIONAL 6-M CONCEPTS (OFF-AXIS) WITH FAIRINGS IN DEVELOPMENT



- Starship can fit any 6m off axis option (monolith, segmented, cup up, folded) with margin.
- New Glenn can launch a folded, segmented off axis telescope (mass and volume constrained).

CONCEPTS 6-M (HORS AXE) AVEC CARÉNAGES EN DÉVELOPPEMENT.

Starship peut s'adapter à n'importe quelle option hors axe de 6 m (monolithe, segmenté, coupe vers le haut, pliée) avec marge.

New Glenn peut lancer un télescope plié et segmenté hors axe (masse et volume limités).

Cette diapositive d'une présentation de Lee Feinberg, ingénieur au Goddard Space Flight Center de la NASA, montre les concepts d'un télescope spatial s'insérant dans les volumes d'une fusée SpaceX Starship et d'une fusée Blue Origin New Glenn.

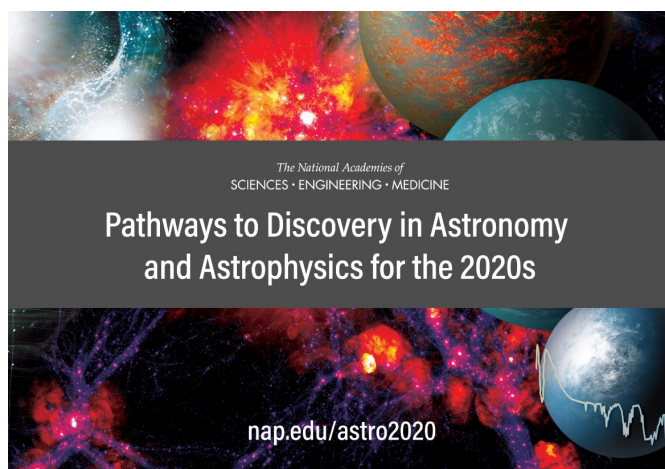
Un consensus parmi les principaux astronomes américains est que la prochaine vague de grands observatoires de la NASA devrait tirer parti des capacités de lancement révolutionnaires offertes par les nouvelles fusées géantes, comme le Starship de SpaceX.

Le lancement d'un successeur du télescope spatial James Webb sur Starship, par exemple, pourrait libérer la mission des contraintes onéreuses de masse et de volume, qui augmentent généralement la complexité et les coûts, a récemment déclaré un panel de trois astronomes aux Académies nationales du Comité d'astronomie et d'astrophysique.

La présentation de Lawrence traitait de l'impact des nouveaux et grands lanceurs sur les futures missions d'astronomie. La présentation a été faite la semaine dernière aux côtés de Martin Elvis, astronome au Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, et Sara Seager, astrophysicienne et planétologue au MIT. Lawrence, Elvis et Seager ont rédigé un article plus tôt cette année dans la revue *Physics Today* sur ce sujet.

Il est maintenant bien connu que la capacité du Starship à soulever plus de 100 tonnes dans l'espace, pour une fraction du coût par kilogramme des fusées existantes, changerait la façon dont l'industrie spatiale dans son ensemble mène ses activités. Le diamètre de 9 mètres du Starship (8 mètres de diamètre seraient utilisables pour une charge utile) représente presque le double de la largeur du volume de la charge utile de n'importe quelle fusée existante. Planifier sérieusement des fusées comme le Starship ou le New Glenn de Blue Origin pour la prochaine génération de grands télescopes spatiaux semble donc dans l'esprit de la communauté des astronomes.

En 2021, les *National Academies* ont publié un examen décennal des principales priorités en astronomie et en astrophysique pour la communauté scientifique américaine. Dans



cette enquête, connue sous le nom d'Astro2020, un groupe de scientifiques distingués a établi une feuille de route pour que la NASA passe la majeure partie des années 2020 à développer des technologies et des conceptions pour la prochaine série de « grands observatoires » qui suivront ceux de *Hubble*, *Chandra*, *James Webb* et le télescope spatial *Roman* dont le lancement est prévu en 2027.

La politique de la NASA est de suivre les recommandations de la communauté scientifique dans la mesure du possible. Vers la fin de la décennie, pense-t-on, la NASA devrait être prête à lancer officiellement le développement de ces nouveaux télescopes. Le premier devrait être un grand télescope appelé *Habitable Worlds Observatory* (Observatoire des mondes habitables) qui serait de taille comparable à Webb avec un miroir primaire d'environ 6 mètres de diamètre et un coronographe pour effacer la lumière des étoiles, permettant des observations directes de planètes autour d'autres étoiles ou exoplanètes.

Ces nouvelles et grandes missions valant plusieurs milliards de dollars ne commenceront à être lancées que dans les années 2040. Il s'agit d'un « calendrier inquiétant », ont écrit Elvis et ses collègues dans leur article publié plus tôt cette année. « *Un doctorat nouvellement créé aujourd'hui sera presque à une décennie de sa retraite au moment où le premier de ces observatoires sera lancé* ». De toute façon, la NASA n'a pas le budget nécessaire pour les lancer plus tôt, et les nouveaux télescopes nécessitent des innovations en matière d'optique, de détecteurs et de matériaux pour les rendre réalisables.

Peut-être que l'arrivée de nouvelles fusées de grande taille pourrait abaisser certains de ces obstacles technologiques, estiment les scientifiques. En fin de compte, elles pourraient conduire à des conceptions simplifiées, réduisant ainsi les coûts et peut-être raccourcissant le temps nécessaire au développement et à la construction des prochains grands observatoires. Peut-être qu'ils n'auront pas besoin d'attendre les années 2040 pour se lancer. Ce sont des facteurs importants, alors que l'estimation initiale des *Académies nationales* est que l'*Observatoire des mondes habitables* coûtera quelque 11 milliards de dollars.



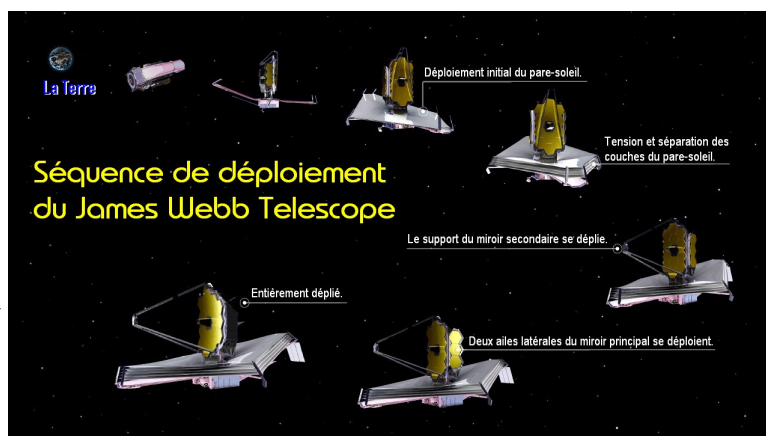
Martin Elvis
Harvard-
Smithsonian Center
for Astrophysics

D'après Elvis, les conceptions sont fortement contraintes par les lanceurs, par le volume et la masse disponibles pour l'orbite souhaitée, ce qui entraîne inévitablement une complexité et un coût accrus ; les ingénieurs travaillant sur les conceptions préliminaires de ces nouveaux télescopes devraient, dans les prochaines années, réévaluer leurs hypothèses sur les types de fusées qui seraient disponibles pour lancer les missions dans l'espace. « *Nous suggérons d'étudier ces trois produits phares d'Astro2020, ainsi que leurs charges utiles et leurs vaisseaux spatiaux, dans ce nouveau paradigme de vaisseau spatial, ou dans tout autre paradigme de grand lanceur, pour tirer parti de l'espace de conception qui s'est ouvert* », a déclaré Elvis la semaine dernière et il a ajouté : « *Les grandes questions sont les suivantes : les économies majeures que nous avons décrites sont-elles vraiment plausibles et, par conséquent, Astro2020 peut-il être accéléré ?* ».

Tyrannie de la fusée

Pour illustrer les limites imposées par la capacité d'une fusée, revenons au télescope spatial James Webb. Il devait s'insérer dans le carénage de charge utile (la coiffe de la fusée) d'environ 5 mètres de diamètre d'une fusée Ariane 5, qui possédait la plus grande enveloppe de charge utile de tous les lanceurs disponibles lorsque les ingénieurs ont conçu Webb pour la première fois. Cela signifiait que les 18 segments individuels du miroir principal du télescope devaient se plier, et les concepteurs ont conçu un pare-soleil à cinq couches de la

taille d'un court de tennis, constitué d'une isolation fragile mais efficace pour bloquer la chaleur et la lumière du soleil provenant du télescope. Tout cela a dû être regroupé pour permettre à Webb de s'intégrer dans les limites de sa fusée lors de son lancement en 2021 (décalé en décembre 2022).



Séquence de déploiement du James Webb Telescope

Le télescope spatial James Webb s'est déployé à la manière d'un origami pendant plusieurs semaines, passant d'une configuration de lancement à un observatoire entièrement déployé.

Avec une fusée plus grosse comme Starship ou New Glenn, un futur télescope pourrait utiliser un miroir monolithique, éliminant ainsi le besoin de miroirs segmentés. Il existe des arguments scientifiques suggérant que les miroirs segmentés pourraient être meilleurs pour certaines applications... De plus, au lieu d'avoir besoin d'un pare-soleil complexe qui se déploie, et qui peut être sujet à des pannes, les ingénieurs pourraient installer un pare-soleil rigide plus grand pour envelopper l'ensemble du télescope. « *Si le télescope était lancé sur une énorme fusée comme Starship, les miroirs d'un télescope pourraient être plus épais et plus lourds, ce qui signifie qu'ils seraient plus faciles à fabriquer et à polir* », ont déclaré les scientifiques. Une fusée plus lourde pourrait permettre aux concepteurs de vaisseaux spatiaux d'ajouter des panneaux solaires plus grands pour obtenir une puissance électrique supplémentaire. Ce surplus de puissance pourrait permettre au vaisseau spatial d'utiliser des composants électroniques moins chers, avec plus de redondance.

« *L'une des plus grandes leçons tirées du JWST était l'importance de comprendre les fusées dès le départ, en détail* », a déclaré Lee Feinberg, responsable de l'optique chez Webb et coprésident du groupe d'évaluation technique étudiant l'Observatoire des mondes habitables. « *Le point clé ici est que nous voulons de la flexibilité... Nous sommes à plus de 20 ans d'une mission* ».



Lee Feinberg

Qui sait quelles fusées voleront dans les années 2040 ?

Pour le télescope spatial Roman, dont le lancement est prévu dans quelques années, les responsables de la NASA pensaient avoir le choix entre plusieurs fusées. Il s'est avéré que les nouvelles fusées, comme la Vulcan de United Launch Alliance et la New Glenn de Blue Origin, n'étaient pas prêtes lorsque la NASA a dû sélectionner un opérateur de lancement. Par défaut, le contrat a été attribué à SpaceX pour le lancement sur une fusée Falcon Heavy. « *Cela souligne vraiment l'importance d'être flexible dans les fusées* », a déclaré Feinberg, ingénieur au Goddard Space Flight Center de la NASA, qui a récemment rencontré SpaceX et Blue Origin : « *Notre opinion à l'heure actuelle est que New Glenn et Starship semblent prometteurs* ».

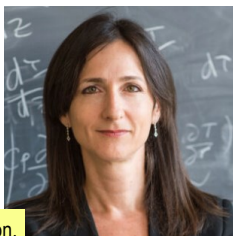
Starship est-il la réponse ?

Des études ont montré que le Starship, avec son diamètre plus large, pourrait accueillir une gamme de modèles de télescopes, tels que ceux à l'étude pour l'Observatoire des mondes habitables. Starship pourrait lancer l'observatoire, avec son miroir principal d'environ 6 mètres, dans une configuration pliée ou dépliée, sur le côté ou pointant vers le haut.

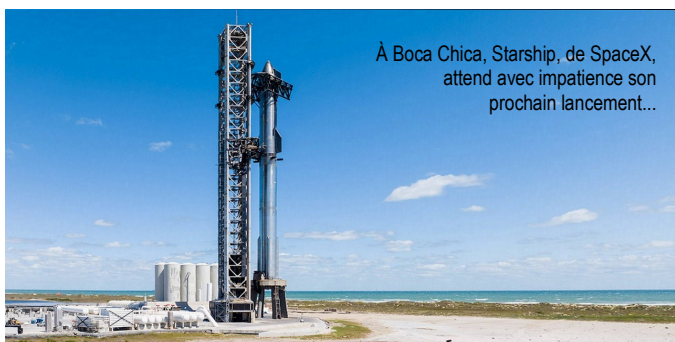
« *Ce que nous avons découvert, c'est qu'avec Starship, vous disposez vraiment d'une grande flexibilité* », a déclaré Feinberg lors de la réunion du comité des Académies nationales, courant octobre.

Bien sûr, Starship et New Glenn ne sont pas encore arrivés en orbite, et il leur reste de nombreux vols avant de devenir éligibles pour lancer une mission phare de la NASA. Mais SpaceX et Blue Origin ont encore quelques décennies pour prouver la fiabilité de leurs nouvelles fusées avant que la NASA n'embarque l'un de ses nouveaux grands observatoires pour le lancement.

« *Au moment du lancement de notre premier grand observatoire, Starship aura probablement été lancé de très nombreuses fois et aura un résultat sur lequel vous pourrez vous appuyer* », a déclaré Seager.



Sara Seager - MIT - Astrophysics Observation, Instrumentation, and Experiment .



À Boca Chica, Starship, de SpaceX, attend avec impatience son prochain lancement...

On ne sait pas non plus quel pourrait être le prix d'un lancement de Starship ou de New Glenn dans les années 2030 ou 2040, mais il ne représentera probablement qu'une petite fraction du coût global d'un observatoire de plusieurs milliards de dollars.

« *Je pense que nous sommes dans une situation nouvelle* », a déclaré Elvis, « *Ces lanceurs changent ce que nous pouvons faire dans l'espace, et la façon dont vous concevez la mission est totalement modifiée.* »

En fin de compte, si la NASA veut aller encore plus loin avec ses télescopes spatiaux de nouvelle génération, Starship pourrait accueillir un miroir replié mesurant jusqu'à 10 à 12 mètres de large, selon Feinberg. Pour New Glenn, la limite supérieure est probablement de l'ordre d'environ 8 mètres.

Des miroirs plus grands augmentent la zone de collecte d'un télescope, lui donnant une résolution améliorée pour voir des objets plus petits et plus faibles... Et c'est bien ce que les astronomes recherchent.

le 2ème vol d'essai de Starship est-il pour bientôt ?



Les aficionados de Starship attendent avec impatience, comme SpaceX, l'approbation du gouvernement pour le prochain vol d'essai du Starship ; tout le monde l'espère avant la fin de l'année 2023 en tout cas.

Après les débuts de Starship lors de l'Integrated Flight Test One (IFT 1) qui s'est déroulé en avril de cette année, SpaceX

a tout fait pour améliorer les objectifs du véhicule en utilisant une vaste série de mises à niveau. Une bonne partie des améliorations a été apportée au site de lancement et à Booster 9, et, semble-t-il, la FAA estime que de ce côté tout est ok, mais il reste encore un autre obstacle réglementaire à franchir avant que Starship puisse voler pour la deuxième fois.

La fusée géante Starship de SpaceX vient de franchir un obstacle majeur sur la route de son deuxième décollage car la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis a annoncé le 31 octobre dernier qu'elle avait terminé son examen de la sécurité des vaisseaux spatiaux, qui évalue les risques qu'un lancement pourrait poser pour la santé publique et les biens, mais il reste encore une autre case réglementaire à vérifier avant que SpaceX puisse obtenir une licence pour le prochain décollage du Starship. « *La FAA continue de travailler sur l'évaluation environnementale* », a indiqué l'agence dans un communiqué envoyé par courrier électronique. « *Dans le cadre de son examen environnemental, la FAA consulte le U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS) sur une évaluation biologique mise à jour en vertu de la Endangered Species Act. La FAA et l'USFWS doivent terminer cette consultation avant que la partie examen environnemental de la licence soit terminée* ».

L'examen en cours se concentre apparemment sur les impacts potentiels du système de déluge d'eau, que SpaceX a installé sous le support de lancement orbital de Starbase après le vol d'essai d'avril. Le nouveau système est conçu pour protéger le pas de tir de la puissance destructrice du « *chalumeau* » Super Heavy...

Nous devrions donc nous attendre à ce que Starship vole relativement peu de temps après la fin de l'examen environnemental, à condition que tout se passe bien.

SpaceX et son fondateur et PDG, Elon Musk, ont déclaré que le dernier véhicule avait passé avec succès tous ses tests préalables au lancement et qu'il était prêt à partir dans l'espace.

Le numéro précédent d'albiréoscope faisait état des essais de la « douche inversée » pour refroidir et protéger le pas de tir et effectivement, cela a été mis en pratique à la Starbase ; tous les dégâts, dont le fameux cratère creusé lors du décollage ont



Mise en place du système « déluge d'eau », courant juillet, à la Starbase.



Test en vraie grandeur du système « déluge d'eau », après son installation.

été traités et la plaque de protection en acier (la douche) mise en place. La fusée Starship, composée de son booster B9 et de son Starship SN 25 ont été modifiées également en tenant compte du premier essai avec B7 et SN24. Les boosters 7 et 9 présentent plusieurs différences significatives, à commencer par le passage du Raptor 2 au Raptor 2.1, qui utilise le TVC (Thrust Vector Control) électrique par rapport au système hydraulique précédent. Cela supprime deux unités de puissance hydrauliques (HPU) de l'arrière du booster (le TVC électrique utilise des actionneurs linéaires électriques pour déplacer les 13 moteurs raptors centraux et cela présente de multiples avantages : premièrement, SpaceX peut se débarrasser des HPU qui se trouvaient au bas du booster, réduisant ainsi le poids et, deuxièmement, le TVC électrique peut permettre une orientation plus rapide et plus fluide des moteurs pendant le vol) ; la suppression des commandes hydrauliques contribue également à réduire la complexité et à augmenter la fiabilité, et remplace ainsi une masse de tubes à l'intérieur du compartiment moteur par des faisceaux de câbles électriques.

Les turbopompes ont été modifiées, ainsi que les collecteurs de méthane, avec de nouveaux joints pour réduire la quantité de fuite de méthane dans le compartiment moteur. Cela avait provoqué un feu dans le compartiment moteur du B7 lors du premier essai en vol (une raison possible pour laquelle SpaceX a un problème de fuite de méthane par rapport à d'autres fusées pourrait être la haute pression à laquelle le moteur Raptor fonctionne avec ses turbopompes à méthane, son collecteur de gaz chauds et sa chambre de combustion principale. Cela entraîne une pression accrue sur les joints et provoque des fuites).

Le blindage du moteur du Booster 9 a également été amélioré par rapport au Booster 7. Le Booster 9 a été conçu dès le départ avec un blindage amélioré. SpaceX simplifie progres-

sivement la conception pour faciliter l'accès aux moteurs et effectuer la maintenance. Le nouveau tube interne de transfert de méthane comporte beaucoup plus de longerons de renfort que son prédécesseur.

Alors que le système de terminaison de vol (FTS) sur IFT-1 n'avait pas réussi à détruire la fusée complètement, SpaceX a amélioré le FTS sur Booster 9 en ajoutant une autre charge explosive sur le réservoir de méthane juste au-dessus du dôme commun. Avec cette charge supplémentaire, SpaceX devrait être capable de détruire le dôme commun et le réservoir de méthane de manière à mélanger à la fois le méthane et l'oxygène liquide, ce qui devrait entraîner une explosion plus importante, détruisant ainsi l'ensemble de la fusée en cas d'avarie lors du lancement.

Mais la grande différence avec le vol précédent est la séparation à chaud des étages ; Starship va pouvoir allumer ses



moteurs avant de se séparer complètement de B9 ; cela simplifie le mécanisme de séparation et va permettre à SN25 (Starship) d'être toujours en accélération, lui permettant ainsi de mieux fonctionner et de ne pas subir de pertes dues à la gravité.

Le booster B9 (1er étage) de la fusée géante est désormais couronné...

Elon Musk avait noté, peu de temps après le vol inaugural, que la séquence de lancement serait modifiée, passant de six secondes de montée en puissance des moteurs avant l'engagement à environ trois secondes, ce qui devrait encore réduire les contraintes sur le pas de tir. Bien que l'objectif principal de ce vol soit de tester les nombreuses modifications apportées au Booster 9, des dommages minimes au site de lancement faciliteront l'exécution du troisième vol, qui devrait, actuellement, impliquer le Booster 10 et le Starship 28.

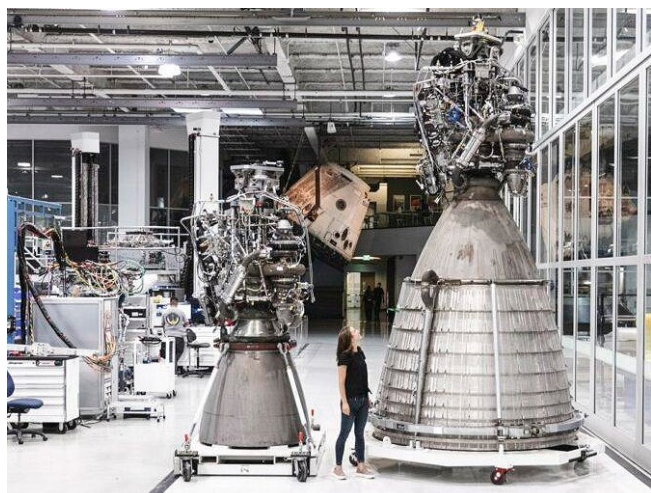
Après la mise à feu statique de SN25, SpaceX a retiré tout le blindage des moteurs et l'a remplacé par un blindage plus épais pour aider à protéger ceux-ci et le vaisseau pendant les phases chaudes. Cela a été ajouté à SN25 alors qu'il était stationné dans le jardin des fusées de la Starbase.

SpaceX a également ajouté des bouches d'aération supplémentaires au-dessus du « faux plancher » de protection du moteur sur SN25. Ceci sert à purger la jupe autour des moteurs afin d'éviter l'accumulation de méthane.

Le Système de terminaison (FTS) du vaisseau Starship a reçu une mise à niveau, tout comme sur le Booster 9, avec un supplément d'explosif juste au-dessus du dôme commun. Le FTS, qui a nécessité des modifications depuis le lancement inaugural d'avril, est conçu pour garantir la destruction du véhicule s'il s'écarte de la trajectoire prévue ; il fut l'un des premiers systèmes à être re-testé sur le site de test de Masseys après le lancement de B7 et SN24.

SpaceX a donc bien travaillé à la Starbase sur le pas de tir, Starship SN25 et le booster B9, et tout était donc prêt pour envisager un lancement à la fin de l'été...

Mais c'est l'absence de licence de vol qui a cloué la fusée géante au sol. Ce n'était pas pour autant l'occasion de se reposer et c'est aujourd'hui pas moins de 400 moteurs raptors, dernier cri, qui sont prêts à être montés sur les plus grosses fusées du monde.



Raptor 1 (gauche) et le premier Raptor pour le vide spatial (SpaceX Hawthorne)
La pause dans les vols d'essai orbitaux de Starship a donné à SpaceX l'occasion d'accélérer la production du moteur Raptor.

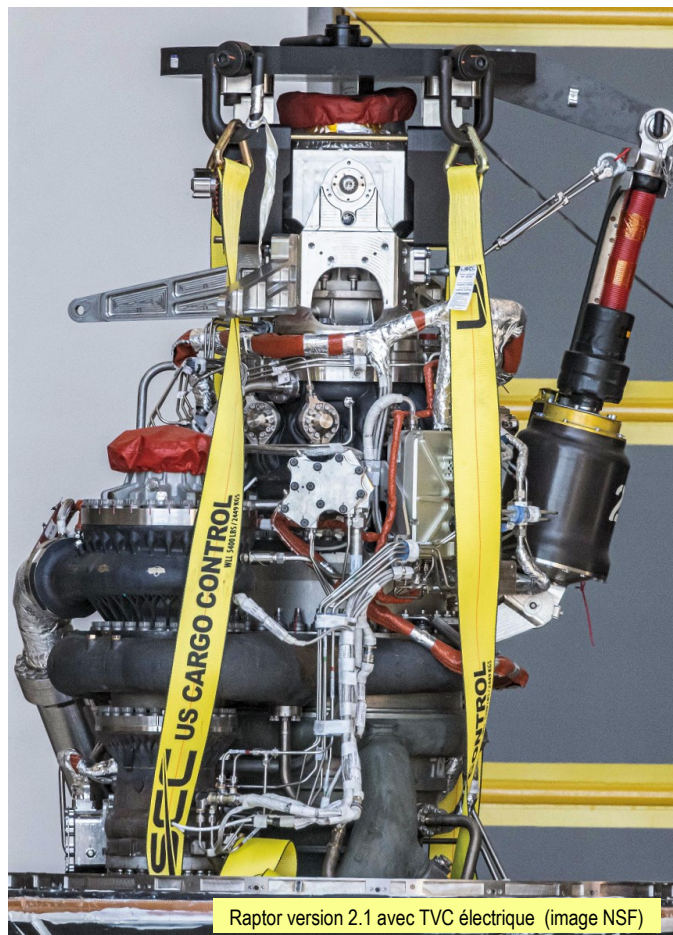
La production de moteurs Raptor a été l'un des principaux problèmes du programme Starship, du moins dans les premiers stades de la campagne de tests de SpaceX. Ce moteur est beaucoup plus puissant que le moteur Merlin qui propulse la fusée Falcon 9, et il redirige également tous les gaz d'échappement vers la chambre de combustion pour augmenter le rendement énergétique et la puissance de sortie, ce qui nécessite des pièces de haute durabilité et un nouveau processus de fabrication.

Le PDG de SpaceX, Elon Musk, a reconnu ces problèmes dans un discours détaillé en 2020, affirmant que le premier test du Starship utiliserait moins de moteurs. Un an plus tard, en 2021, SpaceX produisait un moteur Raptor tous les deux



Selon une image partagée par l'administratrice associée de la NASA, Pam Melroy, SpaceX aurait construit jusqu'à 398 moteurs de fusée Raptor.

jours, ce qui indique que l'entreprise pouvait produire 176 moteurs par an dans le meilleur des cas, en supposant que les lignes de production fonctionnaient 24 h / 24. En 2022, l'entreprise a encore doublé ce taux.



Raptor version 2.1 avec TVC électrique (image NSF)

Avec tous ces changements, SpaceX espère avancer sur ses objectifs lors du prochain vol : atteindre la séparation des étages et l'allumage de Starship, ce qui serait une grande victoire pour le programme... et un rien de plus serait la cerise sur le gâteau. Cela devrait permettre d'être sûr que le troisième vol pourrait atteindre l'un des principaux objectifs du vol d'essai : atteindre la vitesse orbitale. Un vol qui pourrait avoir lieu au début de 2024 et préparer le terrain pour environ quatre ou cinq vols depuis Starbase. SpaceX pourrait alors passer des vols d'essai à une fusée opérationnelle.

Cette photo a été prise sous le Starship et montre trois moteurs (atmosphériques - à l'intérieur) et trois moteurs (pour la poussée dans l'espace). Ce qui est intéressant, c'est la légende d'Elon Musk sur cette photo : « 3 moteurs supplémentaires pour le sens de la vie ».

Alors qu'Elon Musk a pour mission de percer les mystères de l'Univers, sa société SpaceX s'apprête à augmenter le nombre total de moteurs de sa fusée géante Starship à 42. Elon Musk a pris le nombre 42 comme sens de la vie de la comédie de science-fiction *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* ¹. La fusée Starship dispose de 33 moteurs Raptor V2 sur le 1er étage et de 6 moteurs sur le vaisseau spatial Starship lui-même. Sur la photo du compartiment moteur du Starship partagée par Elon Musk ci-dessus, nous pouvons voir qu'il y a définitivement de la place pour 3 moteurs à vide supplémentaires dans cet espace.

Musk a récemment créé une nouvelle société **xAI** dans le domaine de l'intelligence artificielle. Puisque xAI est né le 12 juillet 2023, Elon Musk a également décodé la date à 42 ($12 + 7 + 23 = 42$). Note 1 : Le guide du voyageur galactique (1^{ère} diff. BBC 4 1978)



Le premier vol avec astronautes du Boeing Starliner reporté...



Le vaisseau Starliner de Boeing amarré à l'ISS.
Vol d'essai sans équipage. (image : ESA)

Le premier vol Starliner de Boeing avec des astronautes a été reporté au mois d'avril 2024. Par conséquent, le premier voyage opérationnel du Starliner a également été repoussé. Il faudra donc attendre encore un peu (un certain temps...) pour voir pour la première fois le vaisseau spatial Starliner de Boeing transporter des astronautes.

Le premier vol d'essai avec équipage du Starliner a été repoussé d'un mois supplémentaire, au plus tôt à la mi-avril 2024, ont annoncé des responsables de la NASA dans un communiqué publié jeudi 12 octobre 2023. Aucune raison n'a été donnée pour ce changement. La date cible du premier vol opérationnel du vaisseau spatial Boeing a également été reportée, au début de 2025, contre l'été 2024, ont ajouté des responsables de l'agence.

La NASA et Boeing avaient précédemment déclaré qu'ils envisageaient début mars 2024 pour la première mission avec astronautes de Starliner, connue sous le nom de Crew Flight Test (CFT). Il ne s'agissait cependant que d'une date prévue de préparation du vaisseau spatial, et non d'un objectif de lancement officiel. CFT enverra les astronautes de la NASA Butch Wilmore et Suni Williams pour une croisière « aller-retour » vers et depuis la Station spatiale internationale (ISS). La mission a été confrontée à une série de retards dus à divers problèmes techniques, repoussant son décollage à plusieurs reprises. Par exemple, le CFT devait voler en juillet dernier, mais ce plan a été abandonné après la découverte par les ingénieurs de problèmes avec le câblage du Starliner (risque de feu) et aussi avec son système de parachute (pas assez solide). Starliner a connu plusieurs problèmes lors de sa première mission, appelée Orbital Flight Test (OFT), peu après son lancement en décembre 2019 et il n'est pas arrivé à l'ISS comme prévu. La mission qui lui a succédé, l'OFT-2 de mai 2022, a atteint l'ISS (photo ci-dessus) et est revenue sur Terre. Par contre, le septième vol opérationnel de SpaceX vers l'ISS a été lancé le 25 août, tandis que Starliner n'a été lancé que deux fois, et sans aucune personne à bord... Crew-8 de SpaceX est fixée à la mi-février 2024 et ses 4 membres d'équipage sont déjà nommés : les astronautes de la NASA Matthew Dominick (commandant), Michael Barratt (pilote) et Jeanette Epps (spécialiste de mission), ainsi que le cosmonaute et spécialiste de mission Alexander Grebenkin.

La mission Crew-9 de SpaceX serait ensuite lancée en août 2024, peu avant le retour de Crew-8 sur Terre. Une 10^{ème} « mission de rotation d'équipage » est attendue pour début 2025, selon les responsables de la NASA : soit la mission Crew-10 de SpaceX, soit Starliner-1, le premier vol opérationnel avec équipage de Boeing vers l'ISS. Il est conseillé de ne pas miser...

Boeing et la NASA envisageaient l'été 2024 pour Starliner-1. Mais cette date cible a maintenant été repoussée, pour laisser le temps d'examiner les résultats de CFT, y compris « l'intégration de l'apprentissage anticipé, l'approbation des produits de certification finaux et l'achèvement des examens de préparation et de certification avant cette mission [Starliner-1] », selon les responsables de la NASA.

Ariane 6

La « Task Force » du lanceur Ariane 6 est composée de la haute direction de l'ESA, en tant qu'entité acheteuse globale d'Ariane 6 et architecte du système de lancement, de l'Agence spatiale française CNES, en tant que maître d'œuvre de la base de lancement, d'ArianeGroup en tant que maître d'œuvre du système de lancement et d'Arianespace, en tant que fournisseur de services de lancement.

Ce groupe rend compte régulièrement des avancées vers le vol inaugural du nouveau lanceur Ariane 6.

Étapes clés vers le vol inaugural

En route vers le vol inaugural d'Ariane 6, deux tests importants ont déjà été mis en œuvre. Le 18 juillet, l'essai de mise à feu de l'étage principal avec l'allumage du moteur Vulcain 2.1 à Kourou s'est déroulé avec succès, complétant pour la première fois la séquence de préparation du lanceur et le compte à rebours. Le 1er septembre, l'essai de mise à feu de l'étage supérieur à Lampoldshausen a également été un succès, représentant la pleine phase opérationnelle du premier vol d'Ariane 6.

Lors des opérations préparatoires au prochain essai, le tir de longue durée, initialement prévu le 3 octobre à Kourou, une anomalie a été détectée sur le groupe hydraulique de l'étage central. Cet équipement fabriqué par SABCA (Belgique) fait partie du système Thrust Vector Control (TVC) de l'étage central. Le rôle du système TVC est de maintenir la bonne attitude du lanceur en modifiant l'orientation du moteur Vulcain 2.1 pendant son fonctionnement. L'activation du TVC fait partie du test de tir de longue durée.

Un groupe d'experts a été chargé d'analyser et de proposer des solutions pour résoudre l'anomalie, caractérisée par une pression interne anormale du groupe hydraulique. En raison du temps nécessaire aux experts pour démonter les équipements, évaluer le problème et en déterminer l'origine, le planning des répétitions de lancement d'Ariane 6 a été adapté. Afin d'optimiser le planning, la séquence d'essais a été inversée conduisant à anticiper la répétition de lancement dans différentes conditions environnementales suivie de l'essai de mise à feu de longue durée du moteur Vulcain 2.1 de l'étage principal.

La modification de la séquence d'essais permet aux équipes d'Ariane 6 de garder le rythme de l'atteinte progressive des objectifs de qualification et de réduire tout impact sur le planning.

Prochaines étapes

Octobre 2023 : essai combiné, répétition de lancement avec allumage de la scène principale, à Kourou, en Guyane française.

Dans le cadre de la reconfiguration de la séquence d'essais, la Task force Ariane 6 a décidé d'avancer à fin octobre une répétition d'essai initialement prévue après le tir long.

Cet essai grandeur nature d'une durée de 36 heures est compatible avec la résolution parallèle de l'anomalie sur le groupe hydraulique. Il consiste en l'exécution d'une chronologie complète de lancement enrichie d'essais de qualification sur plusieurs fonctions du système de lancement dont la ventilation des cavités, les interfaces du champ de tir et la caractérisation environnementale.

Cette fois, les opérations seront exécutées aux heures les plus fraîches de la journée, à l'aube.

Les résultats des tests feront partie de la qualification d'Ariane 6.

Novembre 2023 : essai combiné, tir longue durée de l'étage principal avec moteur Vulcain 2.1, à Kourou, en Guyane française.

A l'instar des précédentes répétitions à chaud, cet essai se terminera par huit minutes complètes (470 secondes) de tir du moteur Vulcain 2.1, représentant toute la phase de vol de l'étage central.

L'anomalie affectant le groupe hydraulique du système TVC a entraîné une modification du planning des essais.

ArianeGroup en tant que maître d'œuvre et SABCA en tant que fournisseur ont déjà préparé un exemplaire de remplacement du groupe hydraulique, sans attendre les résultats de l'enquête technique. Une fois les équipements intégrés sur l'exemplaire du lanceur Ariane 6, les équipes termineront les préparatifs du test désormais prévu le 23 novembre.

Conformément au plan permanent, l'estimation de la période de lancement du premier vol d'Ariane 6 ne sera donnée que lorsque les essais combinés de tirs longs auront été effectués et que les résultats des essais auront été analysés.

Décembre 2023 : essai de tir de l'étage supérieur, à Lampoldshausen, en Allemagne.

Il est prévu d'examiner le comportement scénique dans des cas dégradés.

L'adaptation de la séquence de tests maintient le développement d'Ariane 6 sur la bonne voie pour un lancement en 2024.

**Eh bien voilà, Ariane 6 devrait bientôt voler.
Qu'on se le dise !**



Le 5 septembre 2023, les équipes du CNES et d'ArianeGroup, sous la houlette de l'ESA, ont réalisé une séquence complète de lancement d'Ariane 6 sur son pas de tir du port spatial européen en Guyane française. Le test s'est terminé par un tir à chaud de l'étage central du lanceur et le démarrage du moteur Vulcain 2.1.

Il s'agit d'une étape clé de la campagne de tests. Il fait suite à la première intégration du lanceur Ariane 6 sur son pas de tir, aux tests des systèmes électriques et fluidiques et au premier test de la séquence de lancement, le 18 juillet 2023.

Ce test impliquait une séquence de lancement et un compte à rebours final représentatif d'un lancement, comprenant le retrait du portique mobile d'Ariane 6 et le remplissage des réservoirs de l'étage supérieur et central du lanceur avec de l'hydrogène liquide et de l'oxygène liquide. L'essai s'est terminé par l'allumage et le démarrage du moteur Vulcain 2.1 de l'étage principal, suivis de quatre secondes d'allumage.

La prochaine étape consistera à réaliser un long test à feu chaud de l'étape principale, au cours duquel le moteur Vulcain 2.1 fonctionnera pendant environ 8 minutes.



**L'architecte en chef
de Blue Origin
lève le voile...**

L'architecte en chef de Blue Origin, Gary Lai, parle de son passé et de son avenir dans le secteur spatial lors du banquet des Pathfinder Awards au Museum of Flight de Seattle.

(Image : Ted Huetter / Le Musée de l'aviation)

Le CV de Gary Lai mentionne son statut d'architecte en chef et de pionnier de l'aviation spatiale dans l'entreprise spatiale Blue Origin de Jeff Bezos. Mais lorsqu'il a reçu un Pathfinder Award fin octobre au Museum of Flight de Seattle, l'ingénieur chevronné a mis en avant un travail moins connu, en tant que co-fondateur, et directeur de la technologie d'une startup centrée sur la Lune, mais qui est toujours en mode... discret.

« Nous visons à être la première entreprise à exploiter les ressources naturelles de la Lune pour les utiliser ici sur Terre », a déclaré Lai devant un auditoire d'environ 400 participants au banquet ce samedi soir. « Nous élaborons une approche totalement nouvelle pour extraire ces ressources de manière efficace, rentable et responsable. L'objectif est réellement de créer une économie durable dans l'espace ».

La startup est basée à Tacoma, dans l'état de Washington, et s'appelle **Interlune** ; elle existe en réalité depuis environ trois ans, mais elle est restée suffisamment secrète pour que Lai puisse toujours être considérée comme un co-fondateur.

Lai a déclaré que les autres fondateurs incluent Rob Meyerson, qui a été Président de Blue Origin de 2003 à 2018 ainsi que Harrison « Jack » Schmitt, un astronaute d'Apollo 17, un spécialiste géologue qui a posé le pied sur la Lune en 1972 et a siégé au Sénat américain de 1977 à 1983.

Lai a noté qu'Interlune avait récemment reçu une subvention de la National Science Foundation. Cette subvention, d'un montant de 246 000 dollars, soutient les efforts visant à développer un système capable de trier la poussière lunaire selon la taille des particules.

Ni Lai, ni Meyerson qui était dans le public pour l'encourager, n'étaient disposés à en dire beaucoup plus sur Interlune, car l'entreprise est toujours furtive. Mais un dossier déposé auprès de la Securities and Exchange Commission indique que l'entreprise a levé l'année dernière 1,85 million de dollars en financement de démarrage



Rob Meyerson

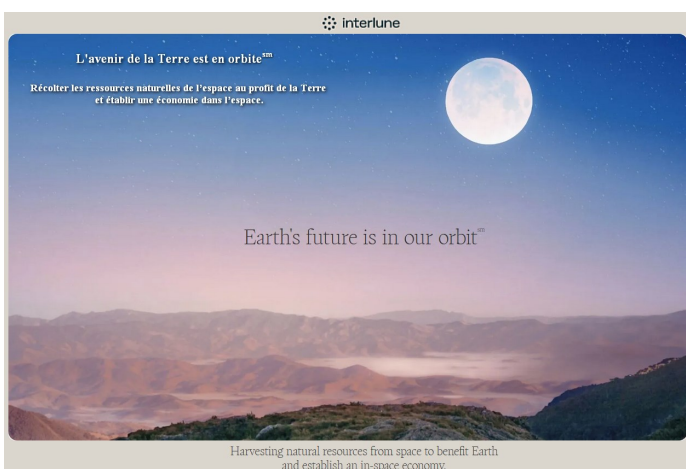


Harrison Schmitt
(en décembre 1972)
Avec Eugène Cernan,
ils sont les derniers
astronautes à avoir
marché sur la Lune.

après de cinq investisseurs anonymes. Le formulaire de la SEC nomme également Indra Hornsby, dirigeante de longue date de l'industrie aérospatiale, comme dirigeante de la société et répertorie Estes Park, Colorado, comme siège social d'Interlune. Cependant, la page LinkedIn de Hornsby indique qu'elle est actuellement conseillère et ancienne directrice de l'exploitation. D'autres documents indiquent que Tacoma, le port d'attache de Meyerson, est devenu le QG d'Interlune.



Lai a déclaré qu'il continuerait à conseiller Blue Origin à temps partiel, en se concentrant sur des concepts avancés qui incluent le système d'atterrissage lunaire Blue Moon. Mais à l'avenir, Lai prévoit d'accorder davantage d'attention à ce que les humains feront sur la lune après leur atterrissage.



Les promoteurs de l'industrie spatiale, dont Jeff Bezos, soutiennent depuis longtemps que les ressources lunaires – allant de la glace d'eau et de l'énergie solaire aux minéraux et métaux – pourraient alimenter le développement d'infrastructures extra-terrestres pour le bénéfice de notre planète.

« *L'avenir de la Terre est en orbite* », proclame le site Internet d'Interlune. Lai a déclaré que les opportunités pour des entreprises telles que Interlune sont rendues possibles « *grâce au travail effectué par des entreprises comme Blue et d'autres, financées par le programme Artemis, pour créer une infrastructure pour le transport spatial* ».

Les Pathfinder Awards annuels du Museum of Flight récompensent les personnes ayant des liens avec le nord-ouest du Pacifique qui ont apporté une contribution significative au développement de l'industrie aérospatiale, et Lai n'était pas le seul lauréat lors du banquet de samedi soir : Ray Conner, PDG à la retraite de Boeing Commercial Airplanes, était l'autre récipiendaire du prix Pathfinder de cette année.

Un tel banquet est l'occasion de bavarder et de raconter des histoires...



Ray Conner et Gary Lai sont tout sourire après avoir reçu leurs médailles Pathfinder Award. (Image Ted Huetter / Le Musée de l'aviation)

Ainsi, Ray Conner a discuté de ce qu'il a appris sur le leadership alors qu'il dirigeait Boeing Commercial Airplanes de 2012 à 2016.

À l'époque, Boeing était confronté à des problèmes de production liés à ses avions de ligne, les 787 Dreamliner. Certains de ces avions ont nécessité d'importantes modifications structurelles et ont fini par être connus sous le nom « d'enfants

terribles ». Comme si cela ne suffisait pas, des problèmes de surchauffe des batteries du 787 – y compris une panne qui a déclenché un incendie sur un avion de Japan Airlines – ont conduit à une ordonnance d'urgence d'immobilisation au sol de tous les 787 en 2013. Il a fallu des mois pour localiser le problème, réparer ou changer les batteries et remettre les avions en vol. Pendant ce temps, Conner a conseillé à son équipe de rester calme dans l'urgence, et de faire partager également ce message aux clients de Boeing. « *Communiquez, communiquez, communiquez* », a déclaré Conner. En fin de compte, Conner était fier de la performance de son équipe pendant la crise.

Conner a également souligné la contribution de Boeing à l'éducation, notamment un don de 30 millions de dollars de la société et de la famille Boeing pour financer la Boeing Academy du Museum of Flight pour l'apprentissage STEM (Système d'éducation des jeunes qui combine science, technologie, ingénierie et mathématiques). Il a indiqué aussi que Boeing soutenait depuis longtemps l'enseignement supérieur et la formation avancée : « *Ce que je voulais faire, c'était descendre d'un niveau et commencer à attirer les plus jeunes, en les exposant à cette formidable industrie* ».

Boeing a également contribué à la mise en place d'un programme appelé Core Plus Aerospace pour préparer les lycéens aux carrières aérospatiales.

« *Tous les enfants ne veulent pas aller à l'université* », a déclaré Conner. « *Lorsque j'ai examiné les données démographiques de notre main-d'œuvre, nous avons pu constater que nous vieillissions, en particulier dans le secteur manufacturier. Maintenant, ce sont de très bons emplois... J'avais l'impression que nous devons faire quelque chose de différent, et cela devait commencer dans les écoles secondaires et les exposer à cela, [pour montrer] qu'il pouvait y avoir une opportunité pour eux aussi* ». D'après lui, le programme fonctionnait si bien que le gouverneur de Washington, Jay Inslee, l'avait utilisé comme modèle pour des programmes visant à préparer les lycéens à des carrières dans les soins de santé, la construction et l'industrie maritime. « *Je commençais à penser qu'il volait nos recrues* », a plaisanté Conner.

Lai a déclaré avoir vécu l'histoire « classique » des immigrants : « *Je suis né à Hong Kong en 1973 et ma famille est venue ici pour avoir de meilleures opportunités... Mes parents ont travaillé très dur, ils ont créé quelque chose et ils ont construit un avenir pour leurs enfants. J'en suis extrêmement reconnaissant* ».



Ray Conner, cadre à la retraite de Boeing, participe à une conversation « au coin du feu » pendant que les participants au banquet des Pathfinder Awards d'inventent sous un M-21 Blackbird dans la Grande Galerie du Museum of Flight.
(Image Ted Huetter / Le Musée de l'aviation)

Lai était intrigué par les missions spatiales comme les rencontres du Voyager avec Jupiter et Saturne, et par les émissions de télévision comme « Cosmos » de Carl Sagan. Il a étudié l'astronomie à l'Université Cornell, où Sagan enseignait, mais a décidé de ne pas emprunter la voie menant à la recherche universitaire. « *Alors j'ai changé de voie* », a-t-il déclaré, « *je me suis lancé dans la finance* ».

Puis il y a eu un autre rebondissement : après avoir travaillé pendant un an dans la finance d'entreprise, il a réalisé que l'ingénierie était sa véritable passion. Cette prise de conscience l'a conduit au programme d'ingénierie aérospatiale de l'Université de Washington, puis à Kistler Aerospace à Kirkland, dans l'état de Washington. C'est là qu'il a rencontré Meyerson.

Kistler a finalement fait faillite, mais Meyerson est passé chez Blue Origin, et il n'a pas fallu longtemps avant que Meyerson ne commence à demander à Lai de venir le rejoindre dans la société de fusées de Bezos.

« *Nous sommes en 2003* », se souvient Lai. « *Jeff Bezos n'était pas un nom connu. Amazon était à l'époque strictement un site de vente de livres en ligne. J'étais donc très sceptique quant au fait qu'une seule personne puisse financer un projet aussi ambitieux en matière de fusées réutilisables* ».

Un an plus tard, Lai a accepté de rejoindre l'entreprise en tant qu'employé n°18. Il a débuté comme ingénieur système pour le programme de lancement suborbital de New Shepard et, au cours de plusieurs années, a gravi les échelons pour devenir l'architecte système de New Shepard et concepteur principal.

« *Il y avait beaucoup d'exigences très difficiles auxquelles nous avons finalement renoncé* », se souvient-il. « *En fait, nous avons commencé à un moment donné en essayant de rendre l'ensemble de la paroi transparente... Mais nous avons convenu que si vous êtes assis près de la fenêtre et que vous ne pouvez rien voir d'autre que l'extérieur, cela suffit* ».

Après plus d'une douzaine d'essais en vol sans équipage, la fusée New Shepard a envoyé ses premiers membres d'équipage, dont Jeff Bezos, dans un voyage spatial suborbital en 2021 (Cf. : Albiréoscope n° 97).

Jeff Bezos sort de la capsule après son vol sur New Shepard (20/07/2021)



Moins d'un an plus tard, on a demandé à Lai s'il souhaitait faire un tour, et il a dit « *oui* ».

Au cours de son discours, Lai a commenté une série d'images montrant ce saut vers l'espace, en mars 2022. La dose d'apesanteur d'une durée de quelques minutes, la vue de la Terre à travers les immenses fenêtres qu'il a aidé à concevoir et l'atterrissage...

« *Évidemment, le frisson d'une vie* », a-t-il déclaré.



Lai de retour sur la Terre.

Quelques mois après le vol de Lai, le vaisseau spatial New Shepard a connu une anomalie peu après son lancement pour une mission de recherche sans équipage ; en conséquence, les vols ont été suspendus pendant plus d'un an.

Le mois dernier, la Federal Aviation Administration a clôturé son enquête sur l'incident. Blue Origin annonce son intention de reprendre ses vols prochainement.

Alors, Lai volerait-il à nouveau ?

« *J'adorerais y aller* », a-t-il déclaré, après avoir reçu son prix. « *Mais je pense qu'il y a tellement de gens méritants que j'aimerais n'être qu'à la fin de la file...* ».



L'Europe va développer une capsule spatiale commerciale

Une capsule autonome, destinée à transporter des marchandises vers et depuis la Station spatiale internationale, doit être développée dans le cadre d'un concours organisé par l'Agence spatiale européenne (ESA).

Ainsi, l'on prévoit que le véhicule effectuera son voyage inaugural en 2028. Et cette initiative marque un changement majeur dans la manière dont l'ESA gère traditionnellement ses projets.

L'entreprise gagnante du concours recevra un financement et un soutien technique de la part de l'agence, mais celle-ci devra exploiter la capsule sur une base commerciale ; elle devra financer en partie le développement puis vendre le service de réapprovisionnement à l'ESA, qui deviendra son « client privilégié ». Si l'affaire tourne bien, il pourrait être demandé à l'entreprise à l'origine de la nouvelle capsule de la moderniser afin qu'elle puisse également transporter les astronautes de l'ESA en orbite, toujours sur la base d'un service sous contrat commercial.

« Nous concevrons [la capsule] de manière à ce qu'elle ne soit pas une impasse, c'est-à-dire qu'elle soit ouverte et puisse évoluer à l'avenir vers un véhicule d'équipage, si les États membres décident de le faire », a déclaré le Directeur général de l'ESA, Josef Aschbacher. « À terme, cela pourrait également évoluer [pour aller] vers d'autres destinations, éventuellement vers la Lune », a-t-il déclaré aux journalistes. La compétition sera lancée avec un budget initial de 75 millions d'euros, et une équipe spécifiquement dédiée... L'idée a été soutenue avec enthousiasme par les États membres de l'ESA lors d'un sommet à Séville, en Espagne, les 6 et 7 novembre 2023.

La NASA achète désormais ses besoins en transport auprès de SpaceX. Le modèle d'approvisionnement concurrentiel a extrêmement bien fonctionné pour l'agence spatiale américaine.



La NASA possédait et exploitait tous ses véhicules spatiaux. Mais lorsque les navettes spatiales ont été retirées, elle a choisi de commencer à recruter de nouveaux fournisseurs, en leur proposant des contrats à prix fixe et en les encourageant à progresser dans les paiements étalés.

C'est ainsi que la société SpaceX d'Elon Musk est devenue le principal fournisseur de services de transport spatial de la NASA. L'agence américaine achète des « places » dans les capsules SpaceX pour transporter ses astronautes vers et depuis l'ISS, et engage des fusées SpaceX pour envoyer ses missions

scientifiques bien au-delà de la Terre. Le concours de l'ESA tentera de reproduire ce modèle qui, dans le domaine des transports, a permis à la NASA d'accéder à des technologies spatiales plus rapides, plus innovantes et moins coûteuses.

L'argent public est nécessaire pour lancer ce genre de compétitions, mais cela incite ensuite des investisseurs via l'intermédiaire d'entreprises privées.

Des prétendants potentiels aux capsules existent déjà en Europe. Des start-ups telles que The *Exploration Company* et *Rocket Factory* Augsburg ont des concepts avec lesquels elles souhaiteraient peut-être participer.

Exploration Company société d'exploration franco-allemande (Munich/Bordeaux) travaille sur une conception de capsule qu'elle appelle Nyx. (vue d'artiste)



Les États membres de l'ESA se sont également engagés à Séville à utiliser cette nouvelle approche de travail pour l'acquisition de fusées à long terme. Aujourd'hui, les lanceurs européens sont en crise. Le nouveau véhicule lourd Ariane-6 a des années de retard et la fusée de transport moyen Vega-C est hors d'usage en raison de pannes récentes. Les États membres de l'ESA ont pris des mesures, à un coût considérable, pour tenter de remettre ces projets sur les rails, mais il est reconnu que le malaise actuel ne doit pas se reproduire dans les décennies à venir.

À cette fin, l'industrie européenne sera également mise au défi de fournir des fusées de nouvelle génération sur le modèle des services, limitant ainsi la responsabilité des contribuables européens pour subventionner le matériel actuel. Ariane-6, par exemple, recevra jusqu'à 340 millions d'euros par an en paiements de soutien pendant la première phase de son exploitation.

« Les 22 États membres de l'ESA ont convenu que nous devons changer la manière dont nous allons acheter les lanceurs du futur », a déclaré Aschbacher.

La réunion de Séville a également pris des décisions qui permettront aux satellites de jouer un rôle plus important pour aider les pays européens à atteindre leurs objectifs de zéro émission nette. Un bon exemple est l'utilisation des données spatiales pour acheminer les avions plus efficacement afin qu'ils contribuent moins aux gaz à effet de serre.

Par ailleurs, l'ESA a ouvert sa Charte Zéro Débris aux signataires. Cela encourage toutes les personnes opérant dans l'espace à ne laisser derrière elles aucun matériel susceptible d'entrer en collision avec les missions opérationnelles.

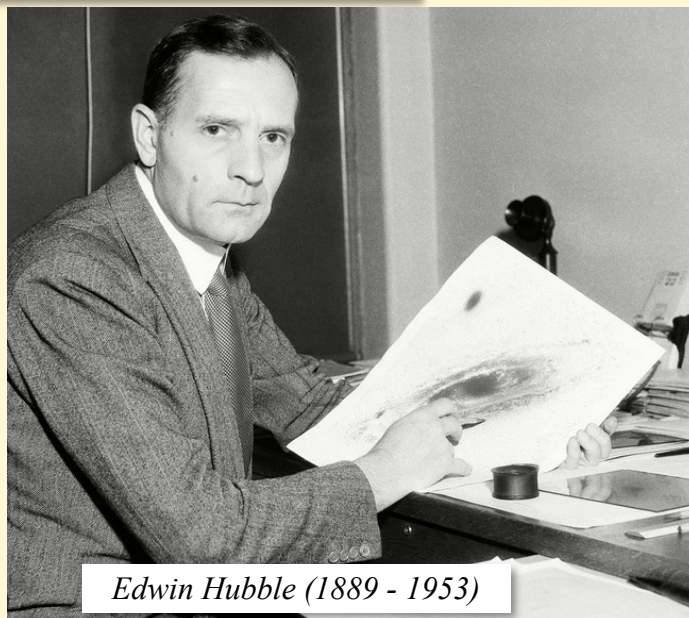
Le Royaume-Uni, l'un des quatre grands pays de l'ESA, introduira au début de l'année prochaine un nouveau cadre réglementaire visant à promouvoir les bons comportements et à favoriser un marché pour les services permettant d'éliminer les déchets de l'orbite.

« Nous voulons récompenser les opérateurs qui se conforment à la règle », a déclaré le ministre britannique des Sciences, George Freeman, « Si vous rappez ce que vous avez installé, si vous effectuez des travaux d'entretien en vol et ne contribuez pas aux débris spatiaux, nous allons vous offrir des licences plus rapidement, une meilleure assurance et un accès plus aisé au financement ».

C'est arrivé ce jour-là...

Octobre 1923, il y a 100 ans

La communauté astronomique du début du XXe siècle est animée d'une controverse sur la nature des nébuleuses qu'on photographie un peu partout sur la voûte céleste. Harlow Shapley et ses partisans pensent que les nébuleuses ne sont que des concentrations de gaz qui ne sont pas plus éloignées que les étoiles. Heber Curtis, en revanche est persuadé que l'Univers est rempli « d'univers îles » : des groupements d'étoiles qui forment des amas, des galaxies à part entière. C'est Edwin Hubble qui met fin à la controverse. En



Edwin Hubble (1889 - 1953)

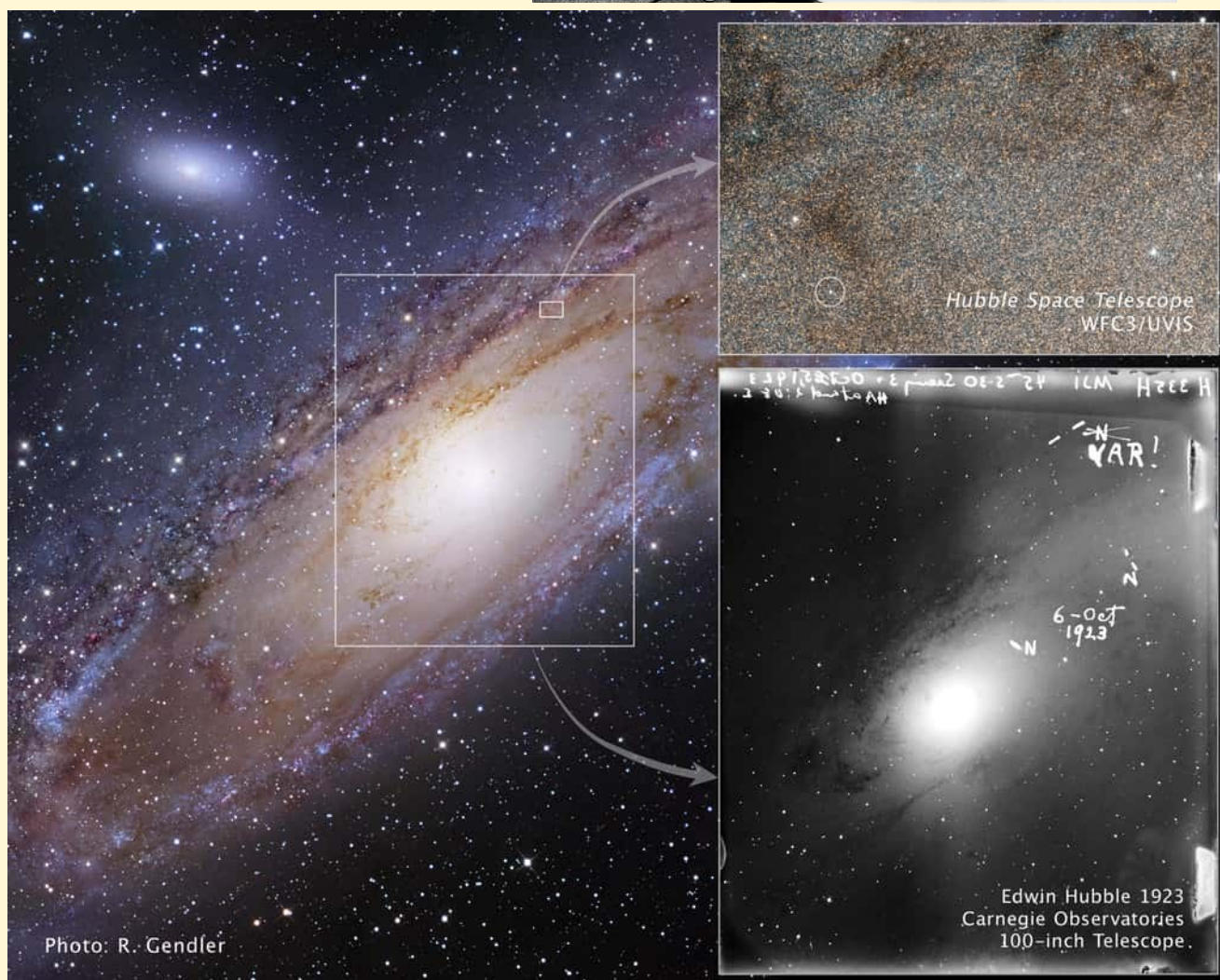


Photo: R. Gendler

Edwin Hubble 1923
Carnegie Observatories
100-inch Telescope.

utilisant le télescope Hooker de 2,54 m du mont Wilson, il part à la recherche d'étoiles individuelles dans la nébuleuse spirale de la constellation d'Andromède : M31. Parmi les étoiles qu'il parvient à résoudre avec le plus grand télescope de l'époque, il recherche des étoiles particulières : des novae. Ces étoiles « nouvelles » apparaissent dans des conditions très contraignantes dans des systèmes d'étoiles doubles. Leur luminosité est toujours à peu près identique et cela permet de mesurer des distances dans l'Univers. Sur une photo prise le 5 octobre 1923 avec le télescope de 2,54 m, il identifie 3 novae qu'il marque d'un « N ». Mais en comparant cette photo à d'autres plus anciennes, il constate que l'une des fameuses novae se comporte d'une manière étrange, sa luminosité varie, ce que ne fait pas une nova, c'est en revanche le comportement typique d'une étoile variable. Hubble barre le « N » pour le remplacer par « VAR » et en étudiant cette étoile de plus près, il constate qu'il s'agit d'un type de variable très particulier : une céphéide. Henrietta Leavitt venait justement d'étudier les céphéides du petit nuage de Magellan et Ejnar Hertzsprung a établi une relation entre leur période et leur luminosité. La période de variation de luminosité de la céphéide de M31 va permettre à Edwin Hubble de donner une distance à la fameuse nébuleuse spirale : plus d'un million d'années-lumière, la nébuleuse d'Andromède n'est donc pas une nébuleuse mais une galaxie. L'étoile V1 de la galaxie d'Andromède a fait voler en éclat



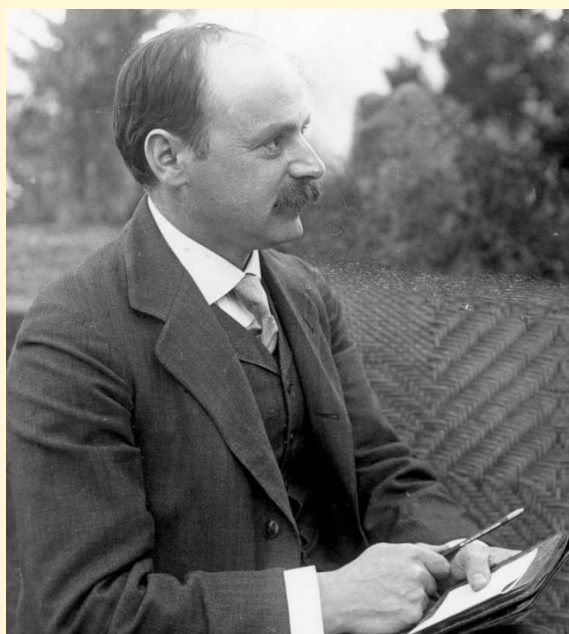
Télescope Hooker de 2,54 m

la taille de notre Univers. Edwin Hubble envoie une lettre à la communauté scientifique pour annoncer sa découverte. Harlow Shapley dira : « Cette lettre a détruit mon Univers »...

C'est arrivé ce jour-là...

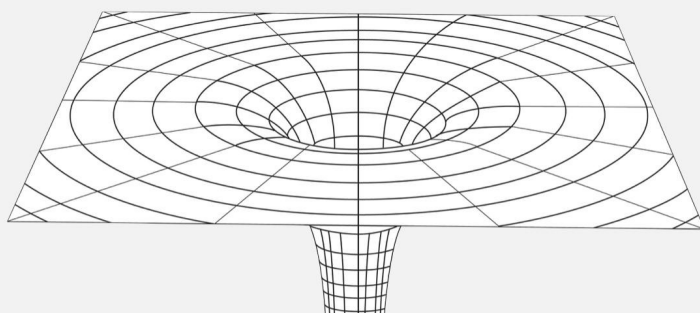
Octobre 1873, il y a 150 ans

Karl Schwarzschild est un astrophysicien allemand. Il naît le 9 octobre 1873. Dès ses premières années scolaires, il est déjà passionné d'astronomie et il se construit un petit télescope. Son père le présente alors à un astronome amateur plus averti, un mathématicien qui lui apprend à utiliser son télescope et auprès de qui il étudie les mathématiques. A 16 ans, Karl Schwarzschild rédige un article sur la détermination des orbites. Il poursuit ses études en astronomie et, inspiré par les travaux de Michelson en interférométrie, il construit un instrument qui lui permet d'étudier les étoiles doubles. En juillet 1896, il obtient son doctorat pour des travaux sur les théories d'Henri Poincaré. Assistant à l'observatoire de Vienne, il se consacre à la photométrie et à l'utilisation des plaques photographiques en astronomie en particulier pour l'obtention de spectres stellaires. En 1905, il se rend à Alger pour observer l'éclipse solaire du 30 août.



Karl Schwarzschild (1873 - 1916)

$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$



Dans la description de la gravitation selon la théorie de la relativité générale d'Einstein, les objets massifs courbent l'espace, et les forces d'attraction gravitationnelles de Newton sont remplacées par des déformations de l'espace. Lorsque l'astre responsable de la déformation de l'espace est extrêmement dense, même la lumière ne parvient pas sortir du puits gravitationnel : c'est un trou noir. Le lieu où la vitesse de libération devient supérieure à celle de la lumière s'appelle l'horizon des événements, ou rayon de Schwarzschild, R_s .

En 1906, il s'intéresse à l'atmosphère du Soleil : il travaille sur le transport de chaleur et l'équilibre radiatif, on lui doit la découverte de la pression de radiation (une des formes de transport de la chaleur au cœur du Soleil). Il est aussi le premier, en 1916, à trouver une

solution aux équations de la relativité générale d'Einstein. Ses travaux mèneront à la description des trous noirs et à l'horizon des événements qu'on appelle rayon de Schwarzschild.



La grande lunette de l'observatoire astronomique de Postdam est la 4^e plus grande en Europe avec un diamètre de 80 cm. L'observatoire est inauguré en 1899 par l'empereur Guillaume II, Karl Schwarzschild en devient le directeur en 1909.

OVNI Night Vision

Oculaire de Vision Nocturne Intensificateur



Lionel

OVNI Night Vision est une entreprise française qui existe depuis 2019. Elle est maintenant basée à Royan et est dirigée par Jonathan Kobs. 2 types de dispositifs intensificateurs de lumière sont fabriqués, l'OVNI-M (monoculaire) et l'OVNI-B (binoculaire) déclinés en 4 niveaux de sensibilité.

Compte rendu de l'observation du 17 août 2023

Afin d'évaluer de manière plus quantitative les performances de nos toute nouvelles binoculaires, Philippe et moi avons décidé de parcourir le ciel et de noter les objets du ciel profond visibles sans instrument. Confortablement installés sur la terrasse de notre gîte avec un café d'un côté et Stellarium de l'autre pour identifier nos cibles parmi le fourmillement d'étoiles visibles avec notre OVNI-B, nous commençons la soirée en évaluant la magnitude limite de la plus faible étoile visible. Nous jetons notre dévolu sur la constellation du Dauphin. Près de l'étoile Al Ukud (mag = 4,4), je parviens à déceler une étoile que Stellarium annonce à la magnitude 9, et Philippe monte jusqu'à la magnitude 9,2. Nos jumelles nous font donc gagner près de 4 magnitudes, soit un facteur 40 (la magnitude visuelle à l'œil nu était de 5,5 cette nuit-là).

Fort de cette magnitude visuelle limite, nous parcourons la voûte étoilée à la recherche de certains des objets du catalogue Messier. Nous commençons par la constellation d'Hercule avec les amas globulaires M13, qui est déjà discernable à l'œil nu (mag = 5,80) et M92 (mag = 6,50).

Nous poursuivons notre série d'amas globulaires avec M22 dans le Sagittaire (mag = 5,20) et M28 (mag = 6,90).

Nous passons ensuite dans la constellation d'Ophiuchus avec les amas globulaires M10 (mag = 6,60), M12 (mag = 6,10) et M14 (mag = 7,60).

Tous ces amas globulaires ne sont visibles que comme des petites taches dans les jumelles, mais avec l'aide de Stellarium nous parvenons quand même à les identifier clairement.

Nous terminons nos observations avec les galaxies M31, la galaxie d'Andromède et M33, celle du Triangle.

Amas globulaires réalisés par des membres du club directement au foyer des télescopes avec des caméras couleurs (pas encore d'OVNI à l'époque)



M13, C14, 30x3 min, Lionel



M3, RC8, 10 x 1 min, Fabien



Galerie

NGC3293, Christian
Télescope Live 61 cm



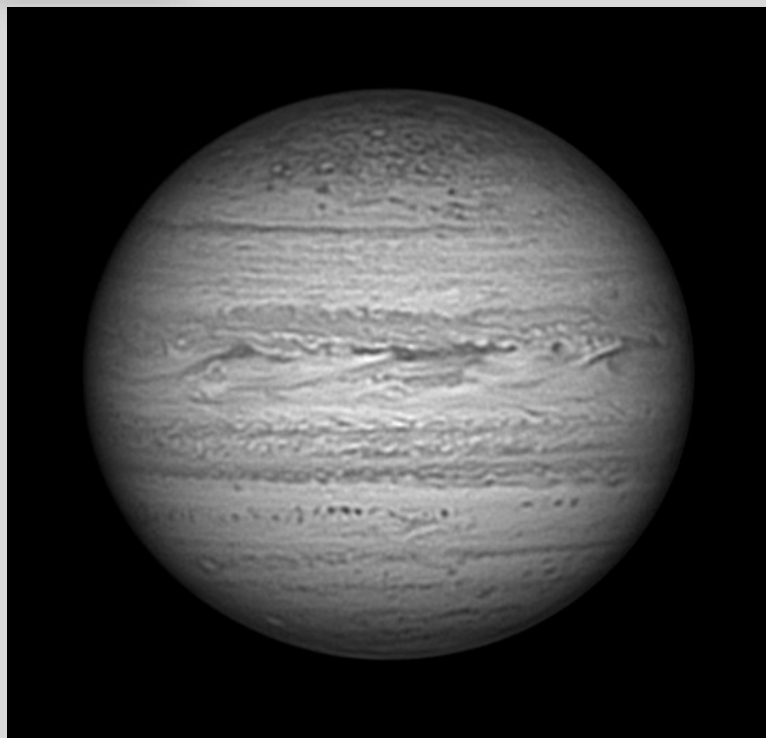
Christian Fortin
Astraphotographie

Région de Rho Ophiuchi, Christian
Télescope Live 61 cm
Image : L (31 x 10 min), RVB (27, 26, 24 x 10 min)
Total : 18 h



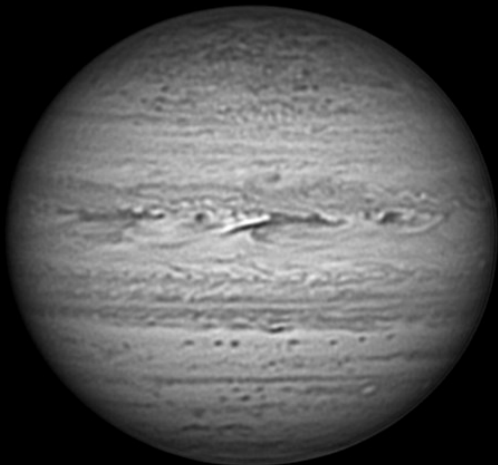


Galerie

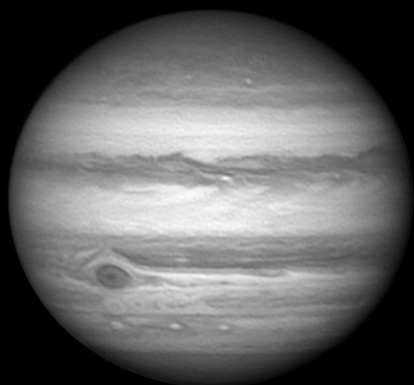
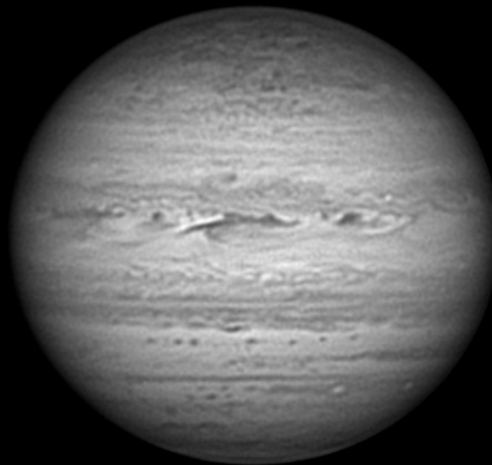


Jupiter, Philippe
Télescope Dobson 355
Filtre IR 742
12 films de 75s
Dérotation de la planète et du
champ de l'image avec
Winjupos

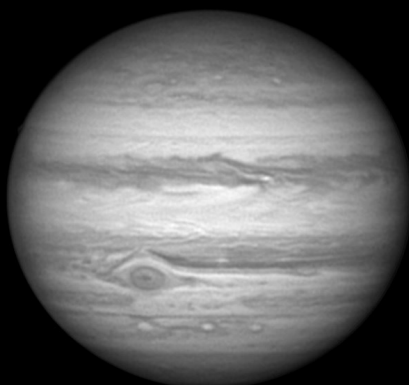
IR 807



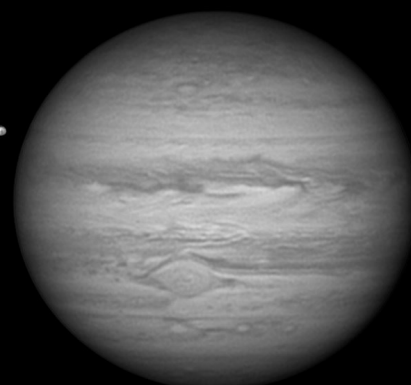
IR 850



B



V



R

IC 2177, Loïck
Lunette 71 mm
Image : Ha RVB





Galerie

**SH2-131, Paul-Henri
La trompe de l'éléphant
version « sans étoiles »**



M31, Michel
Lunette 61
Image : 4 h



Albireo78
saison 2023-2024

1st - LOCAL WINNER

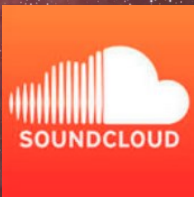


ASTROPHOTOGRAPHY AWARDS
(Le prix du public, France)

albreo78.com



59



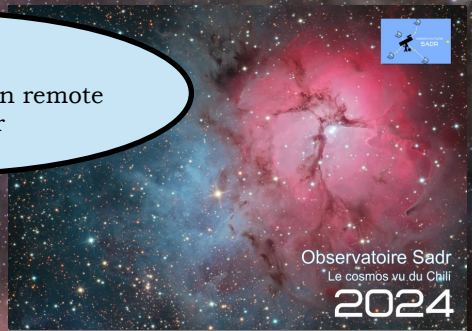
Soundcloud
308 abonnés

« En route vers les étoiles »
Notre émission radio
19 saisons, 196 émissions,
823 chroniques scientifiques



Facebook
813 abonnés

SADR
Notre observatoire en remote
www.sadr.fr



La bibliothèque Albireo



L'Albireoscope
38 abonnés



www.albreo78.com