

108

www.albireo78.com

décembre 2023

*Albireo*⁷⁸

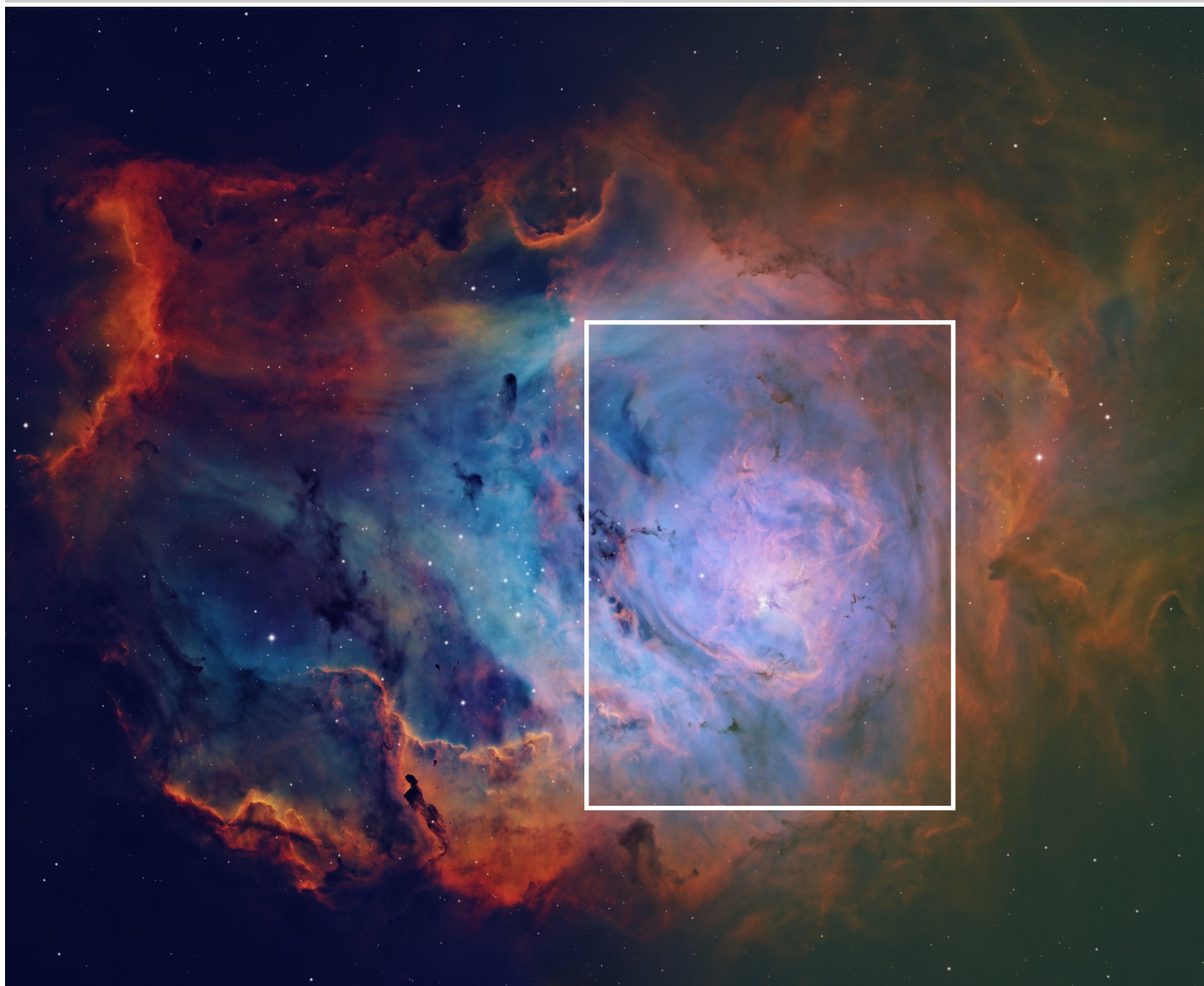
L'ALBIREOSCOPE



Starship : 2ème vol

2023 s'achève.... Mais 2024 arrive.

Observatoire Atria



M8, la Lagune

Constellation : Sagittaire

Instrument : CDK 17"

Image : S (99x5min) H (99x5min) O (100x3min)

Total : 24 h 50

Observatoire Atria,

La nébuleuse de la Lagune est un immense nuage d'hydrogène et de poussière éclairé par l'étoile 9 Sagittarii, en fait un système binaire constitué de 2 géantes bleues. Cette nébuleuse se trouve à 4100 al dans la constellation du Sagittaire. Les étoiles jeunes et massives issues de la nébuleuse sont de type O et B, elle ne sont âgées que de 2 millions d'années. Le centre de la nébuleuse, la région du sablier est suspectée d'être le lieu de naissance de nombreuses étoiles, moins massives de type solaire.

4



Starship : 2ème vol

Michel

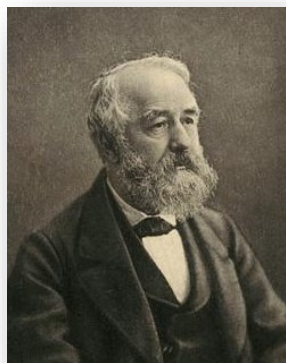
10

**2023 s'achève...
mais 2024 arrive.**

Michel



40



C'est arrivé ce jour-là...

Des évènements astronomiques qui se sont déroulés il y a 100 et 130 ans...

44

Décrypter le cosmos

loïck

IC 2177
La nébuleuse de la Mouette



48



Galerie photos

*Le spectaculaire
lancement de*

Starship



Samedi 18 novembre à 13 h UTC : le grand spectacle son et lumière était attendu fiévreusement du côté de Boca Chica.

À South Padre Island, à 10 km du pas de tir, mieux valait se boucher les oreilles en regardant décoller la méga fusée d'Elon Musk.

C'était le 2ème lancement mais avec déjà un sacré progrès au niveau des performances.

Le dernier vol d'essai de la fusée Starship de SpaceX a duré environ huit minutes, soit deux fois la durée du test précédent (20 avril 2023). Le booster et l'étage supérieur du Starship ont été perdus, mais SpaceX a franchi de nombreuses étapes clés lors de ce test en vol.

La fusée a quitté son support de lancement de Boca Chica samedi matin avec, cette fois, de l'eau projetée vers le haut pour étouffer la puissance des 33 moteurs Raptor qui prenaient vie. Le support de lancement qui a bien été réparé semble avoir fonctionné comme prévu, car SuperHeavy, le 1er étage de la fusée, ne crachait pas autant de poussière et de débris que lors du lancement inaugural d'avril. Elon Musk a d'ailleurs confirmé que le pas de tir n'avait pas subi de dommages lors du lancement.

Il s'agissait du deuxième vol de Starship, la fusée la plus puissante du monde, même si ce n'est pas encore une fusée certifiée pour de vraies missions.

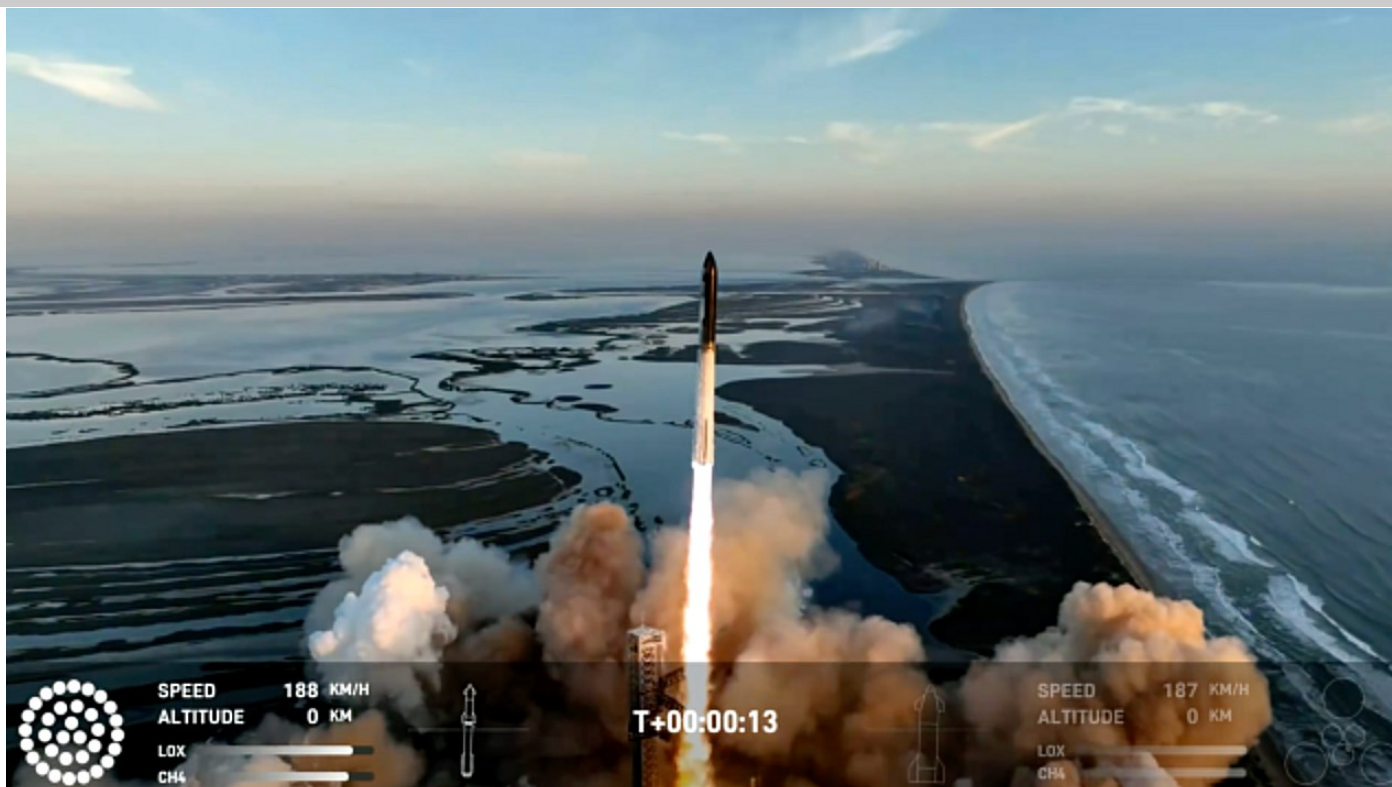
Les préparatifs du compte à rebours avaient commencé deux heures avant l'heure prévue du décollage, avec le directeur de vol de SpaceX effectuant la « check list » pour donner le « Go » final. La fusée (booster + starship), va utiliser un mélange de méthane liquide et d'oxygène liquide. À T-moins 10 minutes, les 39 moteurs Raptor de la fusée Starship, dont 33 sur le premier étage Super Heavy et six sur l'étage supérieur du vaisseau spatial, vont subir un refroidissement avant l'allumage afin d'éviter le choc thermique des liquides cryogéniques.



Test du système de déluge d'eau avec SuperHeavy (Image SpaceX)



40 secondes avant le « Go », le compte à rebours est arrêté... suspense à la clé. Mais ouf, ça repart et le lancement n'aura que quelques minutes de retard sur le planning initial, après vérification de la pression des réservoirs de Starship.



La fusée s'élance dans les airs, poussée par les 33 moteurs raptors, tous allumés, du booster Superheavy. Côté Starship, à droite de l'image, les réservoirs LOX et CH₄ sont pleins et les moteurs sont à l'arrêt. Un magnifique décollage pour survoler le Golfe du Mexique, sous la lueur du Soleil levant... (Image SpaceX)



T-00:00:32
STARSHIP FLIGHT TEST

SpaceX, Hawthorne en Californie :
de la joie mais aussi de l'anxiété...

« Félicitations aux équipes qui ont progressé lors du test en vol d'aujourd'hui. Le vol spatial est une aventure audacieuse qui exige un esprit positif et une innovation audacieuse. Le test d'aujourd'hui est l'occasion d'apprendre, puis de voler à nouveau. Ensemble, la @NASA et @SpaceX ramèneront l'humanité à la Lune, Mars et au-delà », a écrit Bill Nelson, administrateur de la NASA, dans un article sur X (ex Twitter) dans la matinée de ce samedi mémorable. La méga fusée Starship de SpaceX n'a pas réussi à 100 % son deuxième vol d'essai du 18 novembre, mais elle a suffisamment bien fonctionné pour susciter les éloges de certaines personnes assez importantes.

Le chef de la NASA a donc félicité SpaceX pour le deuxième test de lancement de Starship : « *Félicitations aux équipes qui ont progressé lors du test en vol d'aujourd'hui* ». Certes, l'étage supérieur a explosé environ 8 minutes après le début du vol. Mais Starship a franchi un certain nombre d'étapes importantes jusqu'à ce point, comme l'a noté l'administrateur de la NASA, Bill Nelson.



La NASA s'intéresse au succès de Starship.

L'agence spatiale a choisi Starship comme premier atterrisseur avec équipage pour son programme Artemis, qui vise à établir une présence humaine durable sur et autour de la Lune d'ici la fin des années 2020.

Si tout se passe comme prévu, Starship transportera pour la première fois des astronautes de la NASA sur la surface lunaire sur Artemis 3, prévu pour fin 2025.

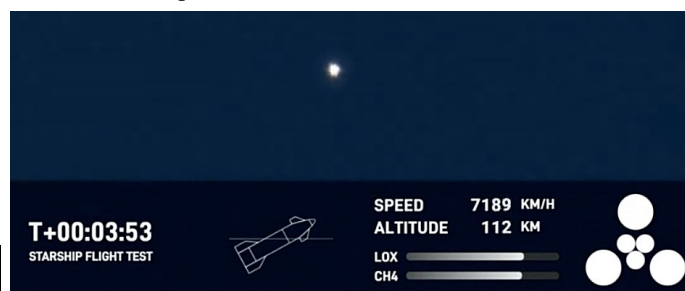
L'alunissage du Starship est encore loin, mais le véhicule a fait quelques progrès vers cet avenir passionnant lors du vol de samedi. Par exemple, les 33 moteurs Raptor du premier étage



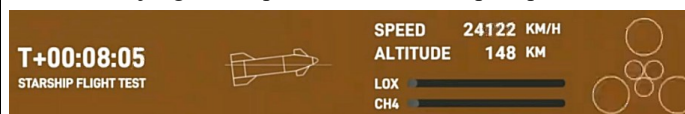
Super Heavy se sont tous allumés et le booster s'est séparé comme prévu de l'étage supérieur Starship, environ deux minutes et 49 secondes après le décollage. La séparation des étages a eu lieu à chaud : premier essai de cette modification d'architecture de la fusée et première réussite – bien que le booster ait explosé peu de temps après la séparation...

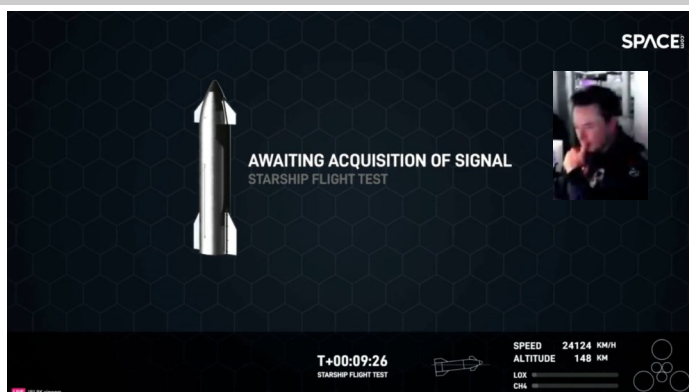


Mais Starship continue son ascension et va dépasser la fameuse ligne Karman de 100 km qui, *a priori*, marque la frontière de l'espace :



Il fonce à 10 000 km/h lorsqu'il atteint 139 km d'altitude. La télémétrie de SpaceX en Webdiffusion indique 24 056 km/h et une altitude de 148 km quand les indicateurs montrent les moteurs de Starship à l'arrêt ; puis, deux secondes après, c'est la coupure complète de la télémétrie : vitesse notée à 24 122 km/h, et les jauges indiquent des réservoirs presque vides.





L'objectif était un amerrissage dans l'océan Pacifique, près d'Hawaï, environ 90 minutes après le lancement. Mais le vol de samedi s'est terminé à peine huit minutes plus tard, avec un RUD, un « démontage rapide et imprévu » de l'étage supérieur Starship. La Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis a considéré ce résultat comme un accident et supervisera une enquête sur sa cause. « *La FAA supervisera l'enquête sur les accidents menée par @SpaceX pour garantir que SpaceX se conforme à son plan d'enquête sur les accidents approuvé par la FAA et aux autres exigences réglementaires... Aucun blessé, ni dommage aux biens publics n'a été signalé à la suite du vol* », a ajouté la FAA dans ses articles sur X.

À la suite du premier vol d'avril, la FAA avait clôturé son enquête le 8 septembre, mais d'autres cas réglementaires devaient encore être vérifiées avant que Starship ne puisse voler à nouveau. L'agence a finalement accordé une licence de lancement le 15 novembre, après avoir achevé un examen de sécurité et une évaluation environnementale. Il est difficile d'imaginer que cette deuxième enquête, et le processus d'autorisation qui va suivre, prennent autant de temps, car beaucoup de choses se sont bien passées samedi.

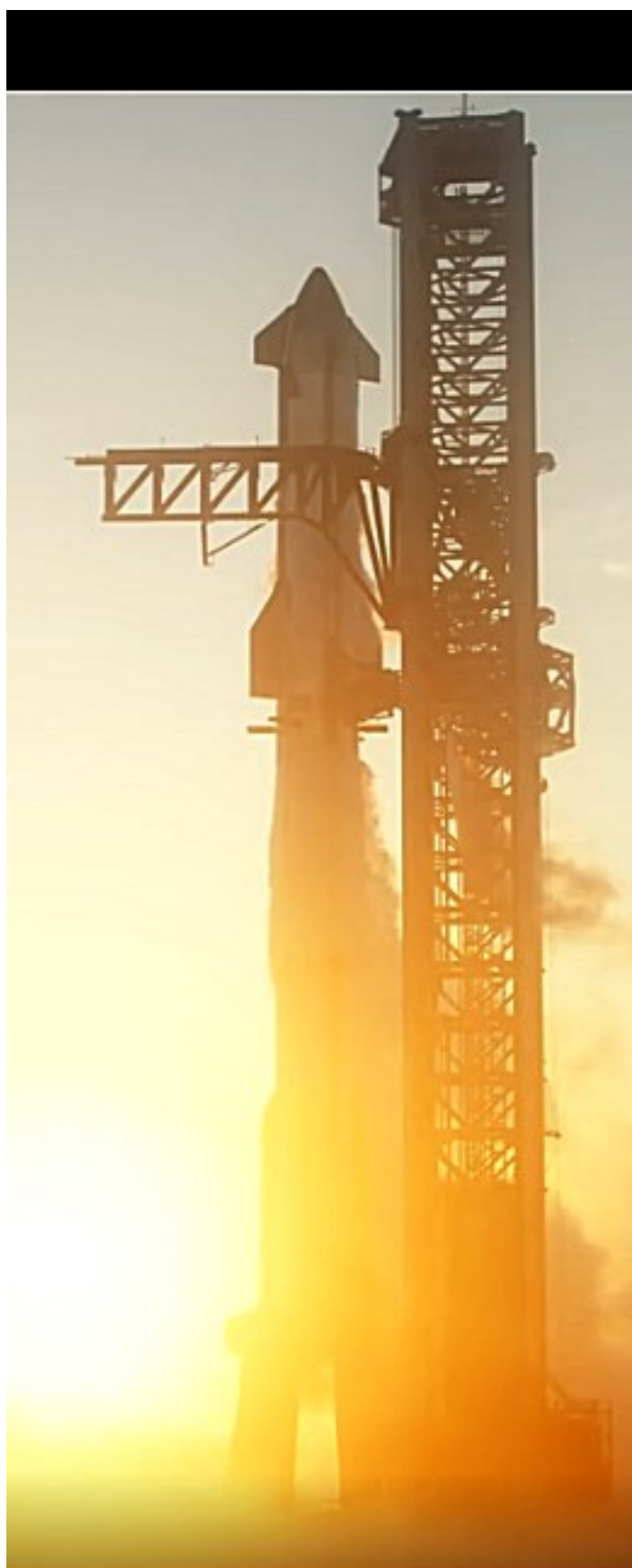
Les six Raptors du Starship sont restés allumés pendant une période prolongée, amenant le vaisseau spatial à une altitude maximale de 148 kilomètres, selon la télémétrie fournie par SpaceX. Lors du vol du 20 avril, Starship n'avait atteint que 39 km au-dessus du sol, en ne se séparant pas de son 1er étage, Super Heavy.

SpaceX a salué le vol d'essai de samedi comme un succès.

« *Honnêtement, c'est une journée incroyablement réussie, même si nous avons eu un démontage rapide et imprévu du booster Super Heavy et du vaisseau* », a déclaré Kate Tice, responsable de l'ingénierie qualité de SpaceX, lors de la webdiffusion en direct. (Super Heavy était censé s'écraser dans le golfe du Mexique environ sept minutes après le lancement, mais il a explosé peu de temps après la séparation des étages).

« *C'est génial* », a ajouté Tice. « *Nous avons obtenu tellement de données... et tout cela nous aidera à nous améliorer pour notre prochain vol* ».

On ne sait pas quand ce prochain vol aura lieu ; cela dépend du résultat de l'enquête et du nombre d'ajustements techniques et sécuritaires que SpaceX devra peut-être effectuer avant que la FAA n'autorise à nouveau le décollage de Starship. Mais Elon Musk souhaite un prochain vol avant la fin de cette année 2023... La FAA décidera.



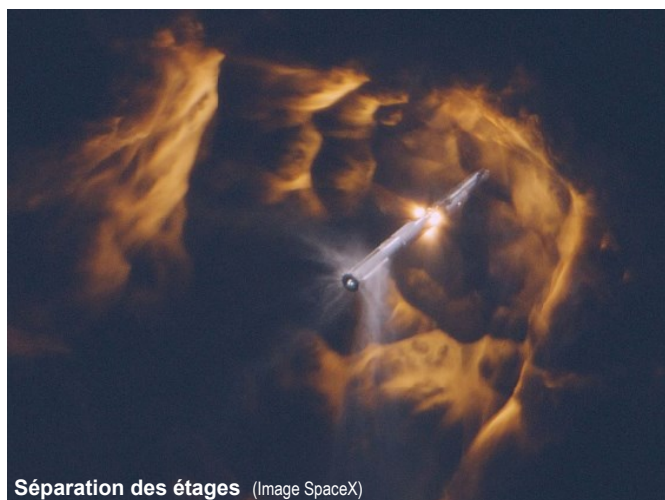
La fusée géante Starship peu de temps avant son décollage

Vue du sommet de la tour au décollage (Image SpaceX)





Mise à feu des 33 moteurs Raptor (Image SpaceX)



Séparation des étages (Image SpaceX)

SpaceX a partagé certaines des images étonnantes capturées lors du deuxième vol de Starship, comme la vue impressionnante depuis la tour de lancement jusqu'à la séparation de Starship 25 et de son Booster 9...



Du monde à South Padre Island (Image A. Bernstein)

Starship

Nouveau costume?



Système d'atterrissage humain : conception révisée du vaisseau spatial de la NASA et de SpaceX, qui s'appuie sur deux années de tests et de simulations. (Image SpaceX)

La NASA et son équipe de partenaires commerciaux et internationaux progressent rapidement vers leur objectif de retourner sur la Lune d'ici quelques années.

La dynamique du programme Artemis s'est renforcée avec une série impressionnante de réalisations. Il y a moins d'un an, la NASA terminait la mission Artemis 1, un test presque parfait de la fusée SLS et de la capsule pour équipage Orion.

Reid Wiseman, Victor Glover, Christina Koch et Jeremy Hansen ont été annoncés comme membres de l'équipage du survol lunaire, pour la mission Artemis 2 en avril 2024, et ils sont bien avancés dans leur formation. Ces deux missions jetteront les bases d'Artemis 3 : le premier atterrissage lunaire avec équipage, une attente de plus d'un demi-siècle...

L'un des éléments les plus marquants de l'architecture Artemis est l'atterrisseur lunaire Starship de SpaceX, le véhicule chargé de transporter les astronautes de l'orbite lunaire à la surface de la Lune pendant les missions Artemis 3 et 4. Après les débuts spectaculaires de Starship en avril, il y a eu une certaine incertitude entourant le statut du véhicule et la date de lancement



Sélectionné comme premier système d'atterrissage humain Artemis de la NASA en 2021, ce rendu de Starship montre la configuration prévue de l'atterrisseur au moment de sa sélection. (Image : SpaceX)

d'Artemis 3. Cependant, de récentes déclarations des responsables de la NASA et de SpaceX mettent en lumière les efforts déployés pour développer ce véhicule hautement performant. Plus particulièrement, les rendus récemment divulgués par SpaceX révèlent que la conception du vaisseau lunaire a subi d'importantes révisions depuis le début de son développement, il y a deux ans.

Avec son programme Human Landing System (HLS), la NASA adopte une nouvelle approche de l'exploration de l'espace lointain. L'objectif du programme était d'accélérer le calendrier et de réduire le coût du programme Artemis en achetant des atterrisseurs lunaires auprès de vendeurs commerciaux. En avril 2021, la NASA a sélectionné le Lunar Starship de SpaceX comme premier bénéficiaire d'un contrat HLS. SpaceX a remporté le contrat HLS initial en partie parce que, en tant que dérivé d'une fusée commerciale, Starship était plus abordable que les offres de ses concurrents. Starship est la deuxième étape du lanceur de nouvelle génération entièrement réutilisable de SpaceX. Avec ses 50 mètres de hauteur, il éclipse son prédécesseur, le module lunaire Apollo. Starship offre une cabine d'équipage spacieuse pour les astronautes et une énorme, et revendiquée, capacité de charge utile de 100 tonnes.



Un ensemble impressionnant pour les touristes de Boca Chica, avant le vol IFT-2 de Starship...

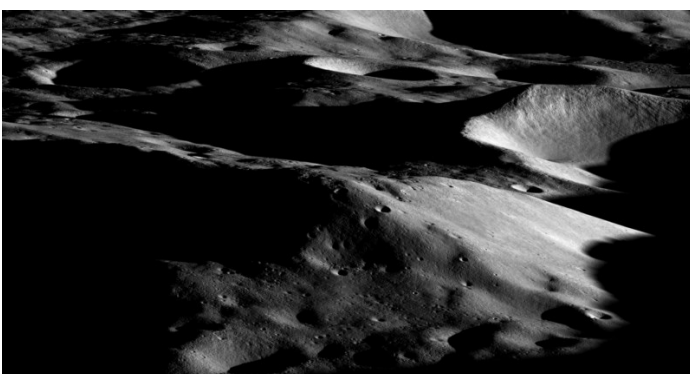
L'approche de SpaceX en matière d'alunissage repose sur le ravitaillement orbital, qui sera mis en œuvre à grande échelle pour la première fois. Selon Lakiesha Hawkins, du bureau du programme *Moon to Mars* de la NASA, près de 20 vaisseaux spatiaux devront être lancés comme ravitailleurs en vol ou comme dépôts de carburant. Ces véhicules contiendront du méthane liquide et de l'oxygène liquide, qui seront transférés vers une variante spécialisée de Starship, optimisée pour atterrir sur la Lune. Cette architecture compliquée a entraîné des risques pour le calendrier d'Artemis 3. Le récent deuxième test en vol intégré du vaisseau spatial a démontré des progrès impressionnants vers l'objectif initial du programme qui est d'atteindre l'orbite ; mais une longue séquence de développement technologique et de tests en orbite reste encore à venir avant le premier atterrissage lunaire en équipage d'Artemis.

Lorsque la NASA a sélectionné SpaceX comme lauréat du contrat HLS, la société a publié un rendu de son atterrisseur lunaire. À l'époque, le véhicule ressemblait largement à un Starship standard, même si ses volets de contrôle aérodynamique et ses tuiles de protection thermique avaient été retirés.

L'équipage aurait accédé à la surface lunaire via un ascenseur et l'électricité aurait été fournie par un petit entourage de panneaux solaires autour du nez de l'atterrisseur. Depuis, la conception du Starship HLS a considérablement changé. La NASA et SpaceX ont optimisé leur atterrisseur pour surmonter les défis uniques présentés par l'exploration lunaire.

Le 2 novembre, deux prétendus rendus du nouveau design du Starship Human Landing System ont été divulgués sur X par l'écrivain David Willis. Le rendu de Starship sur la surface lunaire a une toile de fond identique aux précédentes représentations officielles du véhicule par SpaceX. S'ils sont effectivement authentiques, ces rendus révèlent plusieurs modifications fascinantes dans la conception du vaisseau lunaire. Ces améliorations différencient davantage le Starship HLS des autres variantes de Starship et devraient améliorer sa capacité à mener à bien la mission Artemis 3.

Le nouveau design de l'atterrisseur Starship est plus grand que dans les itérations précédentes. Les prototypes actuels de Starship mesurent 50 mètres de haut ; il en était de même dans la conception initiale du HLS. Toutes les variantes du Starship sont assemblées à partir des mêmes anneaux en acier inoxydable de 9 mètres de diamètre. Par conséquent, en comparant le rapport hauteur/largeur des anciens et des nouveaux rendus, nous pouvons en déduire que la conception HLS révisée mesure environ 55 mètres de hauteur. Dès décembre 2021, le PDG de SpaceX, Elon Musk, a laissé entendre que son entreprise pourrait augmenter la taille des réservoirs de propulseur de Starship. Le rendu confirme que cette amélioration fait toujours partie des plans de SpaceX. En étirant les réservoirs de propulseur du Starship, SpaceX pourra charger plus de carburant dans l'atterrisseur. Cette décision pourrait constituer un effort visant à améliorer les performances de Starship pour les missions lunaires, qui nécessitent beaucoup plus de delta-V (changement de vitesse) que les vols vers une orbite terrestre basse. De plus, le HLS Starship doit rester en orbite autour de la Lune pendant 100 jours maximum en attendant l'arrivée de son équipage. Des réservoirs de propulseur plus grands lui permettraient de transporter suffisamment de méthane liquide et d'oxygène liquide pour l'atterrissage, malgré la perte de propulseur, par ébullition, dans l'espace.



Le massif de Malapert, l'un des treize sites d'atterrissage candidats pour la mission Artemis 3, est une montagne de 8 kilomètres de hauteur située près du pôle Sud lunaire. Les pôles lunaires sont un environnement d'éclairage et de températures extrêmes. (Image : NASA/ASU)

SpaceX a également modifié la couleur de la peinture de l'atterrisseur. Dans tous les rendus publiés à ce jour, HLS était peint en blanc. Ce placage n'est pas seulement cosmétique. Les surfaces blanches reflètent près de 100 % du rayonnement solaire entrant, ce qui réduit la vitesse d'ébullition du propulseur. Même si cela reste vrai pour la majeure partie du véhi-

cule, les nouveaux rendus révèlent que sa partie moteur est peinte en noir. On ne sait pas pourquoi cette décision a été prise. Les surfaces noires absorbent la majeure partie du rayonnement solaire entrant, ce qui pourrait aider à garder les six moteurs Raptor de Starship au chaud dans les endroits sombres et bien froids de la Lune.

Les quatre jambes d'atterrissage du Starship restent relativement inchangées avec des changements mineurs dans l'angle de déploiement et l'espacement mais elles ne sont plus logées à l'intérieur de carénages aérodynamiques fermés. Au lieu de cela, elles semblent simplement rétractées et plaquées contre le corps de l'atterrisseur lors du lancement. Cette décision suggère que les trains d'atterrissage sont suffisamment solides pour résister lors de la montée à grande vitesse de la fusée dans l'atmosphère. De plus, cela implique que le booster Super Heavy de Starship produira suffisamment de poussée pour annuler la traînée de ces quatre protubérances.



Concept d'artiste : le vaisseau lunaire de SpaceX en orbite terrestre avant sa mise à feu pour l'injection trans-lunaire. Ses panneaux solaires et ses antennes de communication sont entièrement déployés. (Image SpaceX)

Les ajouts les plus évidents à l'atterrisseur lunaire Starship sont ses cinq grands panneaux solaires. Cet ensemble va constituer la principale source d'énergie de l'atterrisseur dans l'espace et sur la surface lunaire. Lors du lancement, chaque panneau solaire est logé dans un compartiment rectangulaire sous la cabine de l'équipage. Selon la conception que SpaceX a choisi d'utiliser, ils se déploieront ou se dérouleront ensuite sur une longueur d'environ 18 mètres. Les panneaux solaires sont espacés de 30 degrés selon un motif hexagonal mais un panneau est absent pour donner au commandant et au pilote du Starship une vue claire de la surface lunaire lors de l'atterrissage et pour déployer un ascenseur pour les « marcheurs lunaires ».

Pendant que le HLS tournera autour de la Terre ou de la Lune, les panneaux solaires seront orientés perpendiculairement au corps du vaisseau spatial. Le vaisseau spatial pointera son nez vers le Soleil afin que les cinq panneaux puissent produire de l'énergie de façon optimale. Il ne serait pas surprenant qu'ils soient rétractés lors de l'atterrissage afin qu'ils ne soient pas endommagés par les vibrations ou par les roches et poussières de régolithe projetées par les moteurs. Une fois que Starship sera sur la surface lunaire, les panneaux solaires reposeront contre le corps de l'atterrisseur. Au pôle Sud lunaire, le Soleil est toujours près de l'horizon.

Cette orientation verticale maximisera donc la quantité d'énergie électrique que l'atterrisseur pourra collecter sur la Lune. Il convient de noter que ces panneaux solaires ont certainement une surface collectrice plus grande que les panneaux solaires présentés dans les rendus précédents. Il est donc possible que les besoins en énergie de l'atterrisseur aient augmenté. Le budget énergétique accru pourrait être utilisé pour alimenter les 450 kg d'instruments que transportera Artemis 3, pour faire fonctionner des cryo-refroidisseurs qui pourraient prolonger le stockage de l'oxygène liquide et du méthane liquide, ou pour toute autre fin. Avec la Station spatiale internationale, plusieurs générations de panneaux solaires, de plus en plus efficaces, ont été testés par la NASA et Artemis profite de ces travaux.

L'équipe HLS aurait déclaré que SpaceX avait effectué des tests et des analyses de développement sur les écrans de l'équipage, l'ascenseur de l'équipage, le système de contrôle de la réaction des gaz chauds, le déploiement des panneaux solaires, les tuiles de protection contre les débris thermiques et micrométéorites, les jambes d'atterrissage, les mécanismes d'amarrage, le logiciel d'atterrissage et les capteurs et systèmes médicaux.

Selon les rendus divulgués, les compartiments des panneaux solaires abriteront également six antennes de communication. Elles seront intercalés entre les panneaux solaires selon le motif hexagonal prévu. Plusieurs systèmes de communication permettront à Starship de relayer des informations vers la Terre, Orion, les astronautes sur la surface lunaire et, sans doute, la station spatiale Gateway en orbite lunaire.



Test d'un moteur Raptor pour la descente motorisée du programme Human Landing System. (Image SpaceX)

Les nouveaux rendus confirment également que le Starship HLS sera équipé de petits propulseurs d'atterrissage sous sa cabine d'équipage. La majorité de la descente motorisée d'Artemis 3 sera effectuée par les moteurs Raptor. Cependant, ces six moteurs puissants généreraient probablement de graves interactions entre l'éjection massive des gaz chauds et la surface lors de l'atterrissage, extrayant de grandes quantités de roches et de régolithes sous l'atterrisseur. Au lieu de cela, Starship sera doucement abaissé jusqu'à la surface lunaire par ces petits propulseurs surélevés. En effet, auparavant, l'état des propulseurs d'atterrissage n'était pas clair. Lors d'une présentation au Congrès international d'astronautique 2023, Elon Musk a exprimé son espoir : « *Starship doit être un système généralisé de transport vers n'importe où dans le système solaire. Je suis plutôt optimiste quant au fait que nous pouvons prendre un vaisseau spatial qui n'a pratiquement pas été modifié par rapport à ce qui atterrirait sur Terre... évidemment, vous auriez besoin de jambes d'atterrissage, sur la Lune* ». Même si cette approche réduisait la complexité de l'atterrisseur, cet avantage a dû finalement être contrebalancé par le risque posé par

d'éventuels débris volants. Lisa Watson-Morgan, responsable du programme HLS de la NASA, a apparemment confirmé cette décision lors du symposium von Braun de l'American Astronautical Society. Elle a déclaré : « *Nous avons récemment effectué un test de démarrage à froid du Raptor Vacuum, [SpaceX travaille] également sur des propulseurs plus petits* ».



L. W. Morgan

La conception révisée du Lunar Starship comprend 18 propulseurs d'atterrissage répartis sur six nacelles. Les boîtiers saillants constituent une autre nouveauté du design. Ils pointent les propulseurs directement vers la surface lunaire, ce qui maximisera leur efficacité lors de la descente.



Le vaisseau spatial Orion transportera l'équipage d'Artemis 3 jusqu'à son atterrisseur Starship et le ramènera en toute sécurité sur Terre une fois la mission terminée. Image prise le 28 novembre 2022, au 13^{ème} jour de vol de la mission Artemis 1, à la distance maximale de la Terre : 432 210 km. (Image NASA/ESA)

Une question, qui n'est pas définitivement résolue par ces images du nouveau design, est de savoir comment Orion va s'amarrer à Starship. À l'origine, la capsule de l'équipage d'Artemis 3 devait s'amarrer au nez du HLS. Cependant, le cône avant de l'atterrisseur est désormais encapsulé par un carénage arrondi. Une possibilité est que le port d'amarrage du Starship aurait pu être repositionné sur le côté du véhicule. Le rendu de HLS en orbite autour de la Terre montre une structure circulaire argentée qui se superpose à l'écotille carrée que les astronautes utiliseront pour accéder à la surface lunaire. Si ce panneau intègre également l'adaptateur d'amarrage pour Orion, les astronautes flotteraient directement dans la baie non pressurisée qui abritera le sas, l'ascenseur et l'équipement scientifique du Starship. Cette configuration serait similaire au sas de la navette spatiale, que ses équipages utilisaient pour monter à bord de la Station spatiale internationale. Alternativement, la trappe pourrait être protégée par un couvercle rétractable sur le nez du Starship, et la structure argentée non identifiée pourrait servir à un autre objectif.

L'aménagement de la cabine de l'équipage du Starship reste également relativement mystérieux. Dans les concepts d'artiste précédents, deux sièges étaient visibles à travers les fenêtres de l'atterrisseur. Même si les nouveaux rendus ont une résolution inférieure, les sièges semblent curieusement toujours présents. Les astronautes d'Apollo se tenaient debout pendant la descente du vaisseau. Leurs homologues Artemis auront toujours besoin d'une vue décente de la surface

lunaire, en particulier dans la phase finale de descente et d'atterrissage. Les sièges pour les atterrisseurs lunaires ne sont pas nouveaux. En fait, les modèles originaux du module lunaire Apollo de Grumman comportaient des sièges pour les astronautes. À un moment donné du processus de conception du LM, les sièges de celui-ci ont été retirés pour gagner du poids, à la fois sur les sièges eux-mêmes et sur la grande quantité de verre nécessaire pour que les astronautes aient une bonne vue de la zone d'atterrissage. Il a été constaté, logiquement, que plus les astronautes d'Apollo étaient proches des fenêtres de descente de l'atterrisseur lunaire, plus leurs angles de vision s'amélioreraient.



Quatre astronautes de la NASA posent pour une photo avec SN11, un des premiers prototypes de Starship. De gauche à droite : Michael Barratt, Reid Wiseman, Christina Koch et Matthew Dominick. Wiseman et Koch ont ensuite été affectés à l'équipage d'Artemis 2. (Image NASA/Christina Koch)

Watson-Morgan est satisfaite des progrès de son équipe dans la conception de la cabine de l'équipage. Ses remarques lors du symposium von Braun indiquent que l'équipe HLS en aborde déjà les détails.

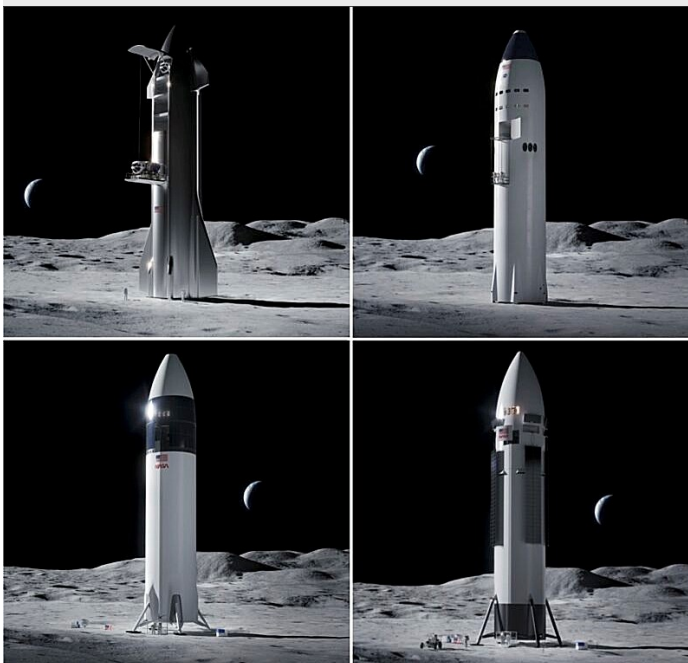
« Nous travaillons sur les tests de kits médicaux, la fourniture d'un système de formation et les affichages pour l'équipage », a-t-elle déclaré. « Nous avons réfléchi aussi à la manière dont nous allons gérer la responsabilité de la mission le jour du lancement ».

SpaceX a récemment mis au rebut le Starship SN22, l'un de ses prototypes obsolètes ; son cône avant a été converti en une maquette HLS. Il sera probablement utilisé pour évaluer les conceptions potentielles des cabines et éventuellement pour assurer la formation des astronautes.

SN22 a été démantelé mais son cône avant conservé (maquette HLS).



L'évolution de l'atterrisseur lunaire Starship de SpaceX



En haut à gauche :

un concept initial de 2019 pour un atterrisseur cargo CLPS était presque identique à un vaisseau spatial standard.

En haut à droite :

en 2020, SpaceX et la NASA ont commencé à étudier un atterrisseur lunaire à capacité humaine, doté d'un ascenseur et de propulseurs d'atterrissage.

En bas à gauche :

lorsque Starship a été annoncé comme premier HLS en 2021, il a bénéficié de jambes d'atterrissage rétractables et de panneaux solaires pour source d'énergie électrique.

En bas à droite :

la conception révisée 2023 du Starship HLS qui présente de nombreuses améliorations de conception.



Cinquante et une années après le départ du dernier module lunaire de la Lune, la NASA et SpaceX ont solidifié la conception du prochain véhicule qui transportera les astronautes à sa surface.

Cette conception révisée du Starship présente un certain nombre d'innovations qui permettront aux équipages d'Artemis de survivre et de prospérer au cours de leurs voyages de découverte, notamment des réservoirs de carburant allongés, des panneaux solaires rotatifs et potentiellement une nouvelle trappe d'amarrage.

Ces travaux offrent un aperçu fascinant du développement de l'un des véhicules qui faciliteront une nouvelle ère d'exploration spatiale.

Le matériel de la mission Artemis 2 prend forme

Artémis 1 se lance

La fusée Space Launch System de la NASA transportant le vaisseau spatial Orion lors du vol test de la mission Artemis 1.

C'était le mercredi 16 novembre 2022, depuis le complexe de lancement 39B du Kennedy Space Center de la NASA en Floride.

La mission Artemis 1 de la NASA est le premier test en vol intégré des Systèmes d'exploration de l'espace lointain de l'agence :

- le vaisseau spatial Orion,
- la fusée SLS,
- les systèmes au sol.

SLS et Orion ont été lancés avec succès à 6 h 47 UTC.

(Image : NASA/Joel Kowsky)

Dans les usines et les salles blanches du pays, les préparatifs pour Artemis 2 battent leur plein. Prévu pour un lancement dans un peu plus d'un an, le premier vol en équipage du programme Artemis enverra des astronautes survoler la Lune pour la première fois en cinq décennies. Même si les objectifs audacieux de la mission peuvent donner l'impression qu'elle est un objectif lointain, en réalité, sa date de lancement approche à grands pas. Le commandant de la mission sera Reid Wiseman. Pendant que l'équipage de Wiseman se prépare pour son vol, la priorité de la NASA est de fabriquer un véhicule sûr dans lequel ils pourront voler.

À l'approche du lancement de la mission historique Artemis 2, le matériel SLS et Orion commencent à arriver pour l'assemblage final.



De gauche à droite : le train transportant les segments des SRB (Solid Rocket Booster) qui arrivent au Kennedy Space Center ; les quatre moteurs principaux RS-25 qui sont installés sur l'étage central ; les astronautes Victor Glover et Reid Wiseman qui inspectent leur capsule Orion. (Images : NASA/Frank Michaux ; NASA/Steven Seipel ; NASA/Kim Shifflett.)

Sur la photo de la page de gauche, la fusée SLS (Space Launch System) est déployée sur le pas de tir LC-39B. L'étage central orange est au centre. Il est flanqué de deux SRB minces et blancs. L'ICPS, décoré avec un grand drapeau américain, et la capsule conique Orion se trouvent en haut de ce magnifique empilement, mais vraiment tout en haut, c'est le système de secours, pour réaliser une éjection rapide de la capsule Orion avec son équipage en cas d'anomalie lors du lancement. Ce dernier ensemble est éjecté dès que la phase critique du lancement est terminée.

Reid Wiseman, Victor Glover, Christina Koch et Jeremy Hansen vivront à l'intérieur d'une capsule Orion, propulsée dans l'espace lointain par cette imposante fusée SLS. L'étage central, le plus grand étage de fusée jamais construit, est flanqué de deux SRB (fusées d'appoint à poudre). Ces



Les quatre astronautes de la mission Artemis 2. (Image NASA)

pouce pour propulser Orion sur une orbite terrestre elliptique élevée. Orion lui-même est perché au sommet de ces éléments. L'ICPS a été achevé l'année dernière.

Au cours du mois d'octobre dernier, la NASA a réalisé des progrès significatifs dans l'assemblage final des trois composants restants de la fusée. Ils sont pour l'essentiel terminés et prêts pour une rapide opération d'empilement, car le lancement est prévu l'année prochaine.

Une fois coulés, les segments SRB d'Artemis 2 ont été stockés dans l'usine de Northrop Grumman à Promontory, dans l'Utah. À l'approche de cette campagne de lancement d'Artemis 2, la NASA a décidé de les expédier au Kennedy Space Center. Les segments de rappel ont été chargés dans un train arrivé en Floride le 24 septembre. Bien que les deux SRB produisent instantanément 75 % de la poussée de la SLS lorsqu'ils sont allumés, ceux-ci sont extrêmement stables et peuvent être transportés en toute sécurité par rail. Les segments seront stockés



À gauche : quatre segments SRB (Solid Rocket Booster) sont stockés dans les installations de Northrop Grumman à Promontory, dans l'Utah (Image : Northrop Grumman). À droite : train transportant les dix segments Solid Rocket Booster (encapsulés dans les conteneurs d'expédition blancs) pour la mission Artemis 2 arrive au Kennedy Space Center (Image NASA/Frank Michaux).

derniers composants possèdent un vaste héritage du programme de la navette spatiale et fourniront la poussée nécessaire pour mettre Orion en orbite.

Une fois l'étage central séparé, un étage de propulsion cryogénique intermédiaire (ICPS) va fournir un dernier coup de

dans une installation dédiée au KSC, avant d'être empilés en février prochain. Au cours des trois mois qui suivront, les techniciens peindront le logo emblématique de la NASA (le ver) sur les deux segments centraux des boosters.



The worm (le ver)

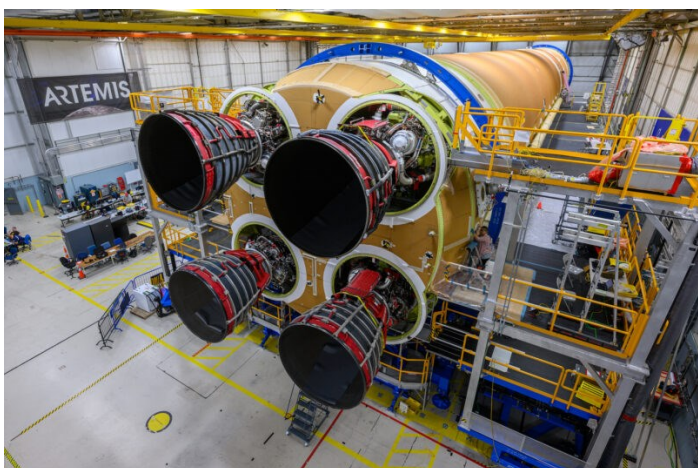
Ils boulonneront également des tuyères et des jupes coniques sur les deux segments arrière, ce qui protégera le reste de la SLS des gaz d'échappement lors du décollage.

D'une longueur de près de 65 m, l'étage central SLS est l'étage de fusée le plus long jamais construit. Les équipes de l'usine d'assemblage Michoud en Louisiane ont achevé le « Core Stage » (noyau central) le 24 septembre en installant le dernier de ses quatre moteurs RS-25. Le RS-25, propulsé à l'hydrogène et oxygène liquides, est le moteur-fusée le plus efficace en fonctionnement. C'est également l'un des plus fiables ; au cours de 135 missions de la navette, un seul RS-25 est tombé en panne pendant le vol, et ce moteur s'est arrêté en raison d'une erreur de capteur plutôt que d'un problème avec le moteur lui-même. Lorsque les navettes ont été envoyées dans les musées en 2012, elles étaient équipées de répliques détaillées du RS-25 à la place de leurs moteurs principaux actuels. L'un des moteurs équipant Artemis 2 a été utilisé sur 15 vols et a été retiré de la navette Endeavour ; un autre a effectué cinq vols et a été pris sur la navette Atlantis. Les deux moteurs restants ont été construits de toutes pièces pour prendre en charge le programme Artemis.



Les techniciens installent un moteur RS-25 de l'étage central. (Image NASA/Stephen Seipel)

Les moteurs ont été installés sur une période de deux semaines en septembre. Chaque moteur a été soulevé dans une chambre



L'étage central SLS terminé pour la mission Artemis 2 est visible à l'intérieur de l'installation d'assemblage Michoud de la NASA. Sur la plateforme centrale de l'échafaudage, un technicien donne une idée de l'échelle. (Image NASA/Eric Bordelon)

étroite par un chariot élévateur spécialisé et boulonné sur place. Les techniciens de Michoud ont connecté leur myriade de lignes propulsives et électriques aux réservoirs de propergols cryogéniques de cet étage central. Une fois ce processus terminé, l'ensemble sera essentiellement prêt pour le vol. La NASA prévoyait de l'expédier au Kennedy Space Center en décembre. Bien que sa date de livraison ait été retardée par rapport à la date cible initiale de mars 2023, en raison d'un problème de chaîne d'approvisionnement, il arrivera quand même en Floride deux mois avant d'être nécessaire.

L'élément moteur du calendrier de lancement d'Artemis 2 a toujours été le vaisseau spatial Orion.

Il devait initialement y avoir un intervalle de trois ans entre les deux premières missions Artemis, et la capsule Orion



Le module d'équipage Orion pour Artemis 2 terminé est entouré de haut-parleurs à l'intérieur du bâtiment des opérations et des tests de la NASA pour vérifier sa résistance aux vibrations et ondes sonores puissantes. (Image NASA/Kim Shifflett)

dépendait de l'avionique réutilisée de la capsule Artemis 1. Cette mission précédente avait connu un an de retard. En conséquence, l'assemblage final d'Orion pour Artemis 2 n'a pu être achevé qu'après le retour d'Artemis 1 sur Terre en décembre 2022. Les rideaux étaient à peine fermés sur cette mission que les travaux sur le prochain vaisseau spatial, surnommé « The Ship » (le navire) par ses constructeurs, se sont intensifiés. Les ingénieurs ont transféré huit boîtiers avioniques de la capsule Orion d'Artemis 1 sur sa jeune sœur. Dès que ces travaux étaient terminés, la nouvelle capsule a reçu son bouclier thermique et ses panneaux de tuiles arrière.

Grâce au travail soutenu de l'équipe Orion, la capsule était pratiquement terminée lorsque Wiseman, Glover, Koch et Hansen ont visité le Kennedy Space Center en août. Cependant, ce n'est que la « moitié » du véhicule qui transportera le quatuor d'astronautes vers la Lune. Le module de service européen, indispensable associé d'Orion, construit à Brême, en Allemagne, grâce à un partenariat international avec Airbus, est arrivé en Floride en octobre dernier. Il transporte le moteur principal d'Orion, des panneaux solaires, des réservoirs de propulseur ainsi que de l'azote et de l'oxygène pour que l'équipage puisse respirer.

Le 19 octobre, le module d'équipage Artemis 2 (Orion) a été soulevé au sommet du module de service. Les conduits électriques et de survie vitaux qui relient les deux véhicules ont ensuite été assemblés. Il convient de noter que l'achèvement d'Orion a pris un peu plus de temps que prévu. Les deux modules devaient initialement être accouplés à la mi-

septembre. Le retard d'un mois dans la procédure suggère que la date de lancement d'Artemis 2 pourrait se situer en décembre 2024 ou début 2025. Cependant, cela reste un moment passionnant pour le programme Artemis. Le vaisseau spatial achevé accueillera Wiseman, Glover, Koch et Hansen pendant leur mission de dix jours. Orion était le dernier



Le module d'équipage Orion d'Artemis 2 est doucement abaissé sur son module de service européen, sous le regard des techniciens du programme Orion. (Image NASA)

élément majeur de la pile Artemis 2 à être achevé. Les derniers préparatifs pour le lancement d'Artemis 2 peuvent maintenant commencer sérieusement.



L'équipage de la mission Artemis 2 avec, de gauche à droite : Christina Hammock Koch et Victor Glover (NASA), Jeremy Hansen (CSA), et Reid Wiseman (NASA).

L'expédition des SRB, l'achèvement du noyau central et l'assemblage final d'Orion sont des événements discrets. Cependant, considérées ensemble, ces étapes rapprochées prouvent qu'Artemis 2 approche à grands pas.

Des vaisseaux spatiaux qui ne sont en fin de compte que des agglomérats de métal et de câblage, signifient bien plus pour ceux qui les conçoivent, les construisent et les pilotent. Dans de nombreux cas, ils assument leur propre « personnalité » aux yeux de leurs créateurs.

Des milliers d'Américains ont consacré des années de leur vie à SLS et à Orion, et ils ont toutes les raisons d'être fiers de leurs récentes réalisations.

La fusée SLS et le vaisseau spatial Orion d'Artemis 2, occuperont une place centrale aux yeux du monde.

Wiseman, Glover, Koch et Hansen entreront dans l'histoire l'hiver prochain.



Jeudi 23 novembre 2023, l'Agence spatiale européenne a effectué son premier tir de longue durée statique, entièrement intégré, d'Ariane 6 à Kourou, en Guyane française. (Image ESA - CNES - Arianespace - ArianeGroup / Vidéo du CSG - P. PIRON)

Ariane 6 se doit d'être le digne successeur d'Ariane 5, qui a récemment lancé sa dernière mission en juillet 2023, après 27 années de service.

Le tir d'essai a été légèrement retardé en raison du dépassement transitoire d'un seuil de pression, ce qui a arrêté le compte à rebours initial à t moins 2 minutes et 42 secondes ; mais les équipes ont résolu le problème et ont continué le compte à rebours avec une mise à feu statique réussie : un test d'un peu plus de 7 minutes qui a fait rugir le moteur Vulcain 2.1.

Durant ce test de 7 minutes, Ariane 6 a brûlé près de 150 tonnes d'oxygène liquide et d'hydrogène liquide. Le test a simulé la durée pendant laquelle le premier étage brûlerait pendant un vol réel et l'orientation du moteur qui contrôlerait la trajectoire de la fusée lors du lancement.

Ce test marque donc l'une des dernières étapes avant le lancement par l'ESA d'Ariane 6 pour son vol inaugural. Un dernier test qui reste à réaliser est la mise à feu longue durée du moteur du deuxième étage, propulsé par le moteur Vinci qui brûle également hydrogène et oxygène liquides.

La fusée à forte capacité sera capable de lancer jusqu'à 20 600 kg sur une orbite terrestre basse et 11 500 kg sur une orbite de transfert géostationnaire avec 4 propulseurs de fusée solides attachés autour du 1er étage.

L'ESA espère lancer Ariane 6 au deuxième trimestre 2024, alors qu'elle devait initialement voler en 2020, et si les tests se poursuivent sans problème, il est fort probable que la fusée effectuera son premier vol vers le printemps de l'année prochaine.



Faute de grives, Amazon mangera du faucon...



Trois fusées sous contrat avec Amazon pour lancer les satellites Kuiper. Mais elles ne sont pas encore disponibles.

Début décembre, Amazon annonçait avoir acheté 3 lancements de Falcon 9 pour livrer ses satellites Internet du projet Kuiper en orbite terrestre basse à la mi-2025. (Image d'artiste : fusées Vulcan Centaur d'ULA, New Glenn de Blue Origin et Ariane 6 d'Arianespace)

Trois lancements par la Falcon 9 de SpaceX devrait aider Amazon à déployer ses satellites plus rapidement en cas de retard avec les autres fusées avec lesquelles des contrats de lancement sont déjà conclus.

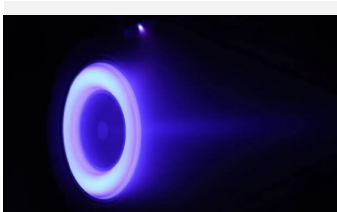
Amazon n'a pas révélé le coût du contrat, ni l'endroit à partir duquel les lancements auraient lieu, mais le coût d'un lancement de Falcon 9 est d'environ 67 millions de dollars, et ils seraient probablement lancés depuis la Floride.

Les plans actuels pour la constellation du projet Kuiper prévoient le déploiement de 3 236 satellites, dont le déploiement à grande échelle devrait commencer au premier semestre 2024. Pour rappel, Starlink d'Elon Musk, fait tourner déjà plus de 5 000 satellites en orbite basse au-dessus de nos têtes, pour délivrer l'accès à internet partout dans le monde. SpaceX a aussi lancé 136 satellites d'un concurrent, OneWeb qui avait choisi un mauvais cheval avec Soyouz, la fusée des russes.



Les 2 satellites Kuiper sont dans la coiffe d'une des dernières fusées Atlas V d'ULA encore disponible...

Cette décision d'Amazon intervient après le succès du test avec deux prototypes de satellites exécutant des manœuvres contrôlées en orbite terrestre basse, lancés le 6 octobre 2023. La « Protomission » en cours, comme on l'appelle, ouvre la voie à l'entreprise pour développer davantage sa constellation de satellites Internet, qui pourrait éventuellement concurrencer Starlink de SpaceX.



Un propulseur de satellite conçu et construit par Amazon

En utilisant un système de propulsion électrique, les contrôleurs au sol ont démontré leur capacité à piloter efficacement leurs satellites dans l'espace, ce qui est crucial pour maintenir la sécurité et la durabilité orbitales. Avec le projet Kuiper, Amazon vise à mettre en place un vaste réseau de satellites pour fournir une connectivité Internet à travers le monde, similaire à Starlink de SpaceX et Eutelsat OneWeb.

« La sécurité spatiale et la durabilité sont fondamentales pour le projet Kuiper depuis le premier jour, et notre système de propulsion est l'un des premiers systèmes que nous avons construits et testés en laboratoire », a déclaré Rajeev Badyal, Vice-président de la technologie du projet Kuiper, dans un communiqué.

Le système de propulsion du projet Kuiper, qui comprend un propulseur personnalisé construit par sa propre équipe et un réservoir de propulseur rempli de krypton, a subi une série de tirs d'essai. Ces tests se sont bien déroulés et répondent aux attentes d'Amazon. Cette manœuvrabilité est essentielle pour que les satellites atteignent leurs orbites opérationnelles et y restent, évitent les débris spatiaux et redescendent en toute sécurité pour se consumer dans l'atmosphère une fois leur mission terminée.

Le système Kuiper orbitera entre 590 et 630 km au-dessus de la Terre, en utilisant un système de propulsion active pour lutter contre la traînée atmosphérique et maintenir l'altitude du satellite à moins de 9 km des orbites opérationnelles cibles. La conception d'Amazon avec une propulsion électrique vise à prolonger la durée de vie du satellite et à minimiser les débris spatiaux.

Amazon va de l'avant, mais il est à la traîne du réseau satellite haut débit Starlink de SpaceX, qui compte déjà plus de 2 millions d'abonnés. Starlink, utilise des propulseurs à effet Hall similaires au projet Kuiper, et il est récemment passé à l'argon comme propulseur pour ses satellites V2 Mini, une démarche visant à réduire les coûts. L'argon est moins cher et plus abondant que le krypton, des limitations qui pourraient nuire au projet spatial amazonien...

Le temps presse pour Amazon

La société opère dans des délais serrés, avec une licence de la Federal Communications Commission (FCC) stipulant le déploiement de la moitié de sa constellation de satellites d'ici juillet 2026. Malgré les défis initiaux, notamment le passage de la fusée RS1 d'ABL Space Systems à ULA en raison de problèmes de retard de développement, Amazon affirme être sur la bonne voie. La société prévoit de servir ses premiers clients du projet Kuiper d'ici la fin de 2024, même si le déploiement complet du réseau de satellites pourrait s'étendre jusqu'en 2029. La société a assuré 77 lancements lourds auprès de fournisseurs de lancement commerciaux, notamment Arianespace, ULA et Blue Origin de Bezos (techniquement, le projet Kuiper et Blue Origin sont des entités distinctes, mais des collaborations potentielles entre les deux sont probables, pour le meilleur ou pour le pire).

La confrontation spatiale entre Bezos et Musk s'intensifie avec les dernières mesures d'Amazon, mais nous devons être réalistes. Même avec les ambitions "cosmologiques" de Bezos, Starlink de Musk reste en avance. Et il y a d'autres acteurs (par exemple Viasat et HughesNet) qui utilisent l'espace comme lieu de diffusion Internet à haut débit. Pour l'instant, il semble que Bezos soit encore en train de rattraper son retard dans la course à l'espace, mais il faut bien commencer par quelque chose.

ULA Vulcan Centaur

Vers le premier vol ?



Space Launch Complex-41 à Cap Canaveral, en Floride : 1er étage de la fusée Vulcan Centaur, mission « certification-1 » ULA

Pour le PDG de ULA :

« Le chemin vers le premier vol [de la fusée] est dégagé ».
« Nous espérons que Blue [Origin] nous suivra ».

Lors d'une table ronde avec les médias mercredi 15 novembre après-midi, Tory Bruno, le directeur général d'United Launch Alliance était confiant pour annoncer que la fusée volerait avant la fin de l'année. Le dernier élément matériel majeur de la fusée, l'étage supérieur Centaur V, était arrivé en début de semaine à Cap Canaveral, en Floride, où tous les tests de qualification nécessaires au premier vol, y compris pour l'étage supérieur, sont terminés.

Donc, United Launch Alliance se rapproche du premier vol de la fusée Vulcan Centaur, et reste en bonne voie pour faire voler le véhicule pour la première fois le 24 décembre.

Bruno a déclaré que, dans les prochains jours, l'étage supérieur Centaur serait intégré au premier étage Vulcan. Ensuite, le véhicule combiné sera amené au site de lancement pour un test de remplissage des réservoirs connu sous le nom de répétition générale humide, en décembre. Cependant, les moteurs principaux de la fusée, les BE-4 fournis par Blue Origin, ne seront pas mis à feu : en effet, cet essai à chaud a déjà été réalisé en juin.

Bruno a déclaré que United Launch Alliance (ULA), disposait d'une certaine marge dans son calendrier alors qu'elle prévoyait un lancement à 1 h 49, heure de Floride, la veille de Noël. Si la météo est mauvaise, l'entreprise dispose également d'opportunités de lancement les 25 et 26 décembre avant la fermeture de la fenêtre de lancement cette année. Mais la mission « Certification 1 » aurait alors une nouvelle opportunité de lancement au cours de la première quinzaine de janvier, en 2024.

Comme charge utile principale, la mission « Certification 1 » transportera un atterrisseur lunaire construit par Astrobotic, qui tentera d'effectuer un atterrissage en douceur sur la Lune au début de l'année prochaine.



Atterrisseur Astrobotic Pergrine

En attendant Vulcan

Vulcan a mis du temps à venir mais va sans doute doubler Ariane 6...

ULA développe la fusée depuis plus d'une décennie alors qu'elle cherchait à construire une fusée lourde pour remplacer sa flotte de fusées Atlas et Delta. Le changement était motivé par deux besoins majeurs :

- Premièrement, la société avait besoin d'une fusée plus compétitive avec les Falcon 9 et Falcon Heavy de SpaceX.
- Deuxièmement, le Congrès américain a demandé à ULA de cesser de dépendre des moteurs fabriqués en Russie qui propulsaient la fusée Atlas V.

La nouvelle fusée devait initialement être lancée en 2020, mais cela a été retardé en raison de plusieurs problèmes, notamment le processus de développement prolongé du moteur pour fusée de Blue Origin, le BE-4, ainsi qu'un grave accident avec l'étage supérieur Centaur V en mars de cette année.

Alors que les retards s'accumulaient, ULA a fait face à une pression croissante de la part de l'US Space Force pour commencer à faire voler Vulcan, car elle devrait effectuer environ deux douzaines de missions de sécurité nationale au cours des cinq prochaines années. Mais avant de pouvoir le faire, Vulcan doit effectuer deux vols de certification et fournir des données à l'armée. Le premier d'entre eux est le vol Astrobotic, et la deuxième mission lancera le vaisseau spatial Dream Chaser de Sierra Space. Lors de la conférence de mercredi, Bruno a refusé de fixer un objectif précis pour ce vol, mentionnant seulement qu'il aurait probablement lieu au cours du premier semestre de l'année prochaine.

Partir pour beaucoup de missions

Bruno a déclaré que ULA avait vendu 70 lancements Vulcan, un total qui comprend environ 50 % de missions militaires et 50 % de vols commerciaux.

Le principal client des lancements commerciaux est Amazon, qui est impatient de commencer à placer ses satellites Internet haut débit du projet Kuiper sur une orbite terrestre basse.

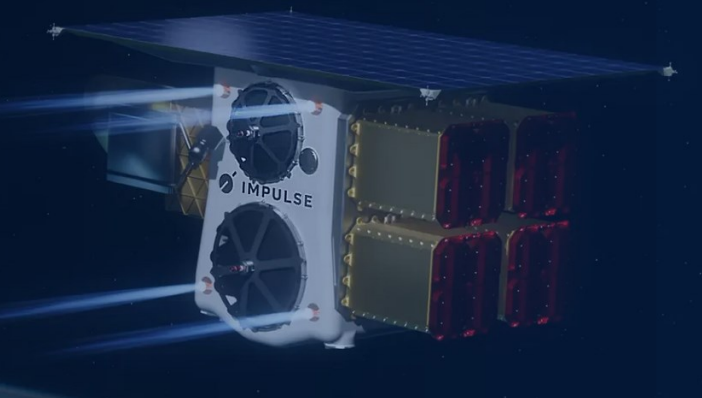
En conséquence, ULA cherche à augmenter la production de la fusée Vulcan pour atteindre une cadence de deux lancements par mois d'ici fin 2025. Cela semble plutôt ambitieux et pourrait demander beaucoup des fournisseurs, dont le motoriste Blue Origin. Bruno a cependant déclaré que les défis de gestion liés à cette mise à l'échelle sont en cours de résolution.

« Nous espérons que Blue nous suivra et nous travaillons très, très dur pour y parvenir », a-t-il déclaré. « Jusqu'ici, tout va bien ».

Dernière minute : vol reporté... début janvier 2024 ?

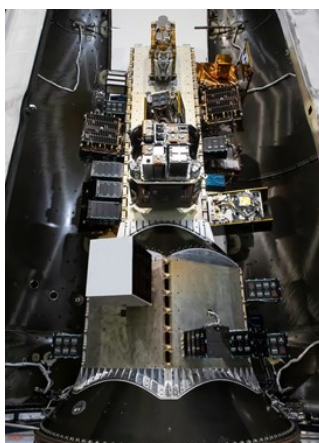
Des "Missions Express" en orbite terrestre basse...

Achetez vos billets maintenant !



Tom Mueller, un employé fondateur de SpaceX passe, avec succès, des fusées à la propulsion dans l'espace : « Nous voulons qu'il soit facile et bon marché d'accéder n'importe où dans le Système solaire ».

SpaceX a lancé le 11 novembre 2023 sa mission Transporter 9 A, qui emportait 113 satellites de petite et moyenne taille en orbite terrestre basse de la base de Vandenberg en Californie.



Satellites de la mission Transporter 9 rangés sous la coiffe de la Falcon 9 de SpaceX (Image SpaceX)

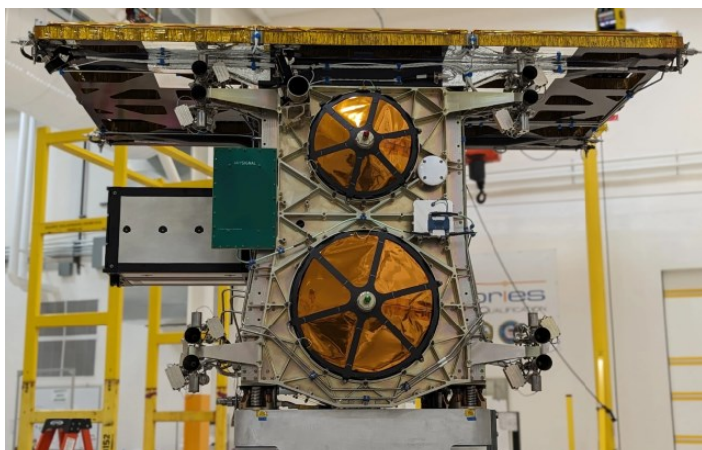
L'avantage de ces lancements pour les clients est qu'ils peuvent compter sur un accès régulier et peu coûteux à l'espace à bord d'une fusée Falcon 9 fiable. L'inconvénient est que ces satellites sont tous lancés sur une orbite de base et que s'ils souhaitent atteindre une altitude ou une inclinaison différente, ils doivent apporter leur propre propulsion pour faire le voyage complémentaire. Cela a conduit à l'apparition des services du "dernier kilomètre" proposés par diverses sociétés proposant de petits engins spatiaux complémentaires capables d'assurer la propulsion dans l'espace.

L'une des plus intrigantes est **Impulse Space**, une société fondée il y a deux ans par le spécialiste des fusées Tom Mueller, qui était l'un des employés fondateurs de SpaceX avant de « prendre sa retraite » en 2020.

Avec le lancement de ce samedi 11, la carrière de Mueller a bouclé la boucle lorsqu'une fusée Falcon 9 a lancé le premier véhicule d'Impulse Space, le vaisseau spatial Mira, lors d'un vol d'essai. Après le lancement, la mission Mira "LEO Express 1" a téléphoné à la maison et a indiqué que tout allait bien. La mission démarre donc de manière prometteuse.

Pour Mueller, diriger Impulse Space est une nouvelle expérience après son passage chez SpaceX, où il avait dirigé le développement des moteurs Merlin qui propulsent la fusée Falcon 9 et qui a supervisé tous les éléments de propulsion des fusées et des engins spatiaux. En tant que Vice-président, puis conseiller, il a pu se concentrer principalement sur l'aspect technique plutôt que sur les aspects commerciaux.

Chez SpaceX, Mueller n'avait sans doute pas les soucis de collecter des fonds, du suivi des affaires et de la gestion complète d'une entreprise, mais avec Impulse Space, il fallait apprendre autre chose et s'améliorer dans un autre domaine. « Techniquement, j'ai l'impression que nous sommes super forts. Nous avons un très bon vaisseau spatial » dit Muller.



Mira, véhicule orbital de manœuvre. (Image Impulse Space)

Entièrement rempli de carburant, le vaisseau spatial Mira pèse environ 300 kg et a la taille d'un lave-vaisselle. Le véhicule est principalement constitué de réservoirs de propulseur et de carburant, motorisé par des propulseurs Saiph. « C'est une petite machine assez géniale », dit Mueller.

Mueller a déclaré : « SpaceX a ouvert l'accès à l'orbite en réduisant le coût d'accès à l'espace, et maintenant nous voulons ouvrir l'accès à davantage d'orbites, à des orbites à énergie plus élevée, et à d'autres corps du système solaire interne », a déclaré Mueller. « Nous voulons qu'il soit facile et bon marché d'accéder n'importe où dans le Système solaire ». Le véhicule Mira de la société peut desservir une orbite terrestre basse, et une version modifiée, résistante aux radiations, est prévue pour l'orbite géostationnaire. Impulse Space développe également un propulseur plus puissant, Rigel, pour un atterrisseur sur Mars, et un véhicule orbiteur plus grand.

Malgré un environnement de collecte de fonds difficile, Impulse Space a continué à trouver des soutiens financiers. En juillet, la société a annoncé avoir levé 45 millions de dollars en financement de série A, dirigé par RTX Ventures. Un an plus tôt, Impulse avait annoncé avoir levé 30 millions de dollars.

Pas de doute, après la technique, Mueller apprend à collecter des fonds et à diriger sa propre entreprise...



Beidou est aux automobilistes chinois ce que le GPS est aux américains, mais à nous aussi, par la facilité d'usage de l'acronyme.

Le système chinois BeiDou, est un système de positionnement global, comme le GPS américain. Mais il vient d'être reconnu par l'Organisation de l'aviation civile internationale. Cette décision apportera davantage de bénéfices à la communauté mondiale, tout en pouvant stimuler l'initiative de la Ceinture et de la Route de Pékin, selon les analystes ; en fait, cela doit faire surtout plaisir aux chinois car les américains ont été les premiers en 1973, après des études dans les années 60, à utiliser leur système GPS, d'abord pour l'armée (US Space Force) puis pour le civil. Les soviétiques ont développé Glonass dès 1976 mais lancé les premiers satellites en 1982 (orbite moyenne), et les européens ont mis en place, plus tardivement, Galiléo (satellites en orbite moyenne [1]; début du projet en 2003, et début du système opérationnel en 2014). Les indiens ont développé IRNSS, compatible avec le GPS et Galiléo, mais à couverture régionale (déploiement en 2018). Quant à Beidou (ou Compass), il a démarré avec 3 satellites géostationnaires en 2003, et la couverture mondiale a été opérationnelle en 2020 avec un mixte : satellites en orbite moyenne, géosynchrones et géostationnaires.

Le GPS chinois, achevé en 2020, compte 56 satellites de positionnement dans son réseau. Il s'agissait de l'un des efforts de Pékin pour atteindre l'autosuffisance technologique dans un contexte de relations tendues avec Washington.

« Développé de manière indépendante par la Chine, le système Beidou a été reconnu par l'Organisation de l'aviation civile internationale comme l'une de ses normes, ce qui en fait un système de navigation par satellite universel pour l'aviation civile mondiale », a déclaré l'Administration de l'aviation civile de Chine.

Pour Guo Rui, PDG de Chongqing Changying Aviation Technology : « il s'agit en effet d'une étape importante... Cela augmentera la diversité et la redondance des systèmes de navigation, offrant davantage d'options et de sauvegardes en cas de pannes ou de perturbations possibles ».

Les régulateurs ont aussi déclaré : « Cela prouve pleinement que Beidou a la capacité de fournir des services de navigation mondiaux pour diverses industries ».

Jin Zhuanglong, ministre de l'Industrie et des Technologies de l'information, a déclaré en octobre de l'année dernière que le

système de navigation chinois avait généré un marché de plus de 140 milliards de yuans sur le marché intérieur.

Beidou a entraîné la réalisation d'un large éventail d'applications dans les transports nationaux, les communications et l'agriculture, selon un rapport de l'Association chinoise du système mondial de navigation par satellite et des services de localisation (GLAC).

Selon ce même rapport, sur les 13 millions d'appareils BeiDou produits au cours des six premiers mois de l'année, plus de 60 pour cent ont été utilisés dans les systèmes de transport, tandis que les appareils électroniques mobiles représentaient près de 30 pour cent et le secteur agricole 12 pour cent.

La valeur de la production de l'industrie chinoise de la navigation par satellite a atteint 500,7 milliards de yuans (69 milliards de dollars) en 2022, dont plus de 30 % étaient directement consacrés à la recherche, au développement et à la production.

Semblable aux versions américaine et russe, BeiDou possède à la fois des variantes pour les systèmes militaires et civils. Cependant, le GPS américain occupe le marché depuis plus de trois décennies et conserve la plus grande part des systèmes de positionnement disponibles dans le commerce dans le monde.

En 2022, le système GPS américain détenait 42,9 % du marché mondial des systèmes de positionnement, selon un rapport de la société d'études de marché Grand View Research, basée à San Francisco.

[1] environ 23 000 km d'altitude.

C'est la possibilité de déterminer le temps avec une très haute précision, à partir des années 1970, qui a permis le développement du positionnement par satellites. Si un satellite nous envoie une onde électromagnétique, que nous captions grâce à un « récepteur de positionnement » et si nous parvenons à connaître le temps t du trajet de cette onde, nous pouvons calculer la distance D entre nous et ce satellite, car l'onde se propage à la vitesse de la lumière c . On a donc $D = c \times t$. Nous nous trouvons quelque part sur une sphère de rayon D centrée sur ce satellite. Avec 2 satellites, nous sommes à l'intersection de 2 sphères : un cercle. Pas encore suffisant, mais avec 3 satellites, connaissant leur position et les distances, nous savons où nous sommes exactement... enfin presque. Car le temps d'ici, et celui des satellites sont différents, et c'est Einstein qui l'a formulé avec sa théorie de la relativité restreinte. Les positions des satellites, contrôlées en permanence par des stations au sol, sont transmises sous forme codée au sein même de l'onde qu'ils envoient. Les signaux se propagent à la vitesse de la lumière c , une erreur d'un milliardième de seconde sur t entraîne déjà une erreur de positionnement de 300 mètres. Einstein nous dit que :

- le temps s'écoule plus vite quand la gravité est plus faible (là haut dans le ciel) : 45 μ s par jour.
- le temps s'écoule moins vite si l'horloge est en mouvement accéléré (dans le satellite qui tourne autour de la Terre) : 7 μ s par jour.

Pas question de placer une horloge atomique dans les récepteurs GPS... c'est complexe et bien trop cher ! On les installe dans les satellites GPS. Les horloges atomiques embarquées sur les satellites sont précises à mieux qu'un milliardième de seconde (soit 30 centimètres). C'est pourquoi un quatrième satellite est nécessaire : le calculateur du récepteur recalcul l'horloge à quartz (bien moins chère) pour que l'intersection des quatre ondes sphériques émises par les satellites donne un seul et même point. Cela dit, la flotte des satellites GPS et autres comme Galileo, compte bien plus de satellites car la redondance est bénéfique.

Il va de soi que le passage de la théorie à la pratique requiert une technologie extrêmement élaborée, mais qui s'est répandue partout grâce au progrès de la micro-électronique et de l'informatique, totalement invisible, hypnotisé que vous êtes en entendant la voix charmante disant :

« vous êtes arrivé ! ».

Vue d'artiste d'un satellite Galileo (ESA)



Le GPS... plus utile que jamais

Le satellite Global Positioning System IIF-5 pour l'US Air Force est lancé en 2014 par une fusée Delta IV de United Launch Alliance depuis le Space Launch Complex-37 de Cap Canaveral, Floride. (Image ULA)

Rapport d'un groupe de réflexion : « Si les militaires de Colorado Springs ne parvenaient pas à faire fonctionner le système de positionnement global pendant une seule journée, l'économie américaine perdrait 1 milliard de dollars ».

Le rapport de RTI International cherche à répondre à une question que l'Air Force se pose depuis des décennies :

Quel est le véritable impact économique du système militaire de navigation et de mesure du temps qui trouve une utilité presque universelle dans le monde civil ?

Même sans calculer l'utilisation du GPS dans le secteur financier où son signal de synchronisation est utilisé à chaque fois qu'une carte de débit est glissée ou qu'une action est négociée, l'étude conclut que les satellites militaires ont injecté près de 1 400 milliards de dollars dans l'économie depuis 1984.

Pas mauvais pour un système qui devait coûter environ 1,8 milliard de dollars aux contribuables en 2020.

"Sa capacité de synchronisation de précision prend en charge des secteurs aussi divers que la finance, l'électricité et les télécommunications", indique le rapport. "Même le terme GPS est entré dans le langage populaire pour désigner l'emplacement spécifique d'une personne à un moment précis".

Le système satellitaire a débuté dans un monde classifié, mais a fait la une des journaux lors de la guerre du golfe Persique de 1991, lorsque les soldats ont utilisé ses signaux pour se frayer un chemin à travers les déserts sans piste du Koweït et de l'Irak.

En 2000, le président Bill Clinton a publié un décret rendant le GPS accessible au grand public, mettant fin à une pratique militaire consistant à brouiller les signaux ; c'est alors que son utilisation a explosé.

Des centaines de millions d'utilisateurs dépendent du GPS chaque jour, depuis les personnes qui conduisent dans un endroit inconnu jusqu'aux sociétés multinationales qui coordonnent des réseaux logistiques complexes. La navigation améliorée réduit les kilomètres parcourus. Mais ce qui est parfois oublié, ce sont les réels avantages économiques liés au GPS. Nous sommes encore à comprendre tout le potentiel de la fonctionnalité GPS.

L'armée américaine vante depuis longtemps sa gestion du GPS, qui est contrôlé par un petit groupe de militaires de la base aérienne de Schriever. Il s'agit d'un système de haute technologie composé de pièces « simples » : les satellites GPS sont essentiellement des horloges volantes. Ce sont des horloges atomiques très précises, synchronisées par des horloges au sol à

Schriever, des instruments de mesure du temps les plus précis conçus par l'homme.



Radômes des installations de la base aérienne de Schriever, à environ 20 km à l'Est de Colorado Springs, Colorado. (U.S.A.)

L'armée utilise le GPS pour toutes sortes de navigation, depuis le guidage des militaires perdus jusqu'à l'envoi de bombes à travers les fenêtres de bureaux... Mais le secteur civil est aujourd'hui un grand utilisateur : les experts conviennent qu'une panne du GPS pendant 30 jours pendant la saison des semis serait très dommageable aux agriculteurs, voire dévastatrice. Cependant, toutes les inquiétudes relatives aux pannes de GPS, ou son indisponibilité sont motivées par les tensions politiques mondiales, et les guerres qui éclatent aujourd'hui un peu partout dans le monde, comme celles en Ukraine ou Israël. La Russie, la Chine et l'Inde ont fait la démonstration d'armes antisatellites et les soldats américains ont sorti leurs cartes et leurs boussoles pour s'entraîner à vivre sans satellites si une future guerre s'étendait à l'espace. Déjà, de nombreux brouillages de signaux GPS ont été répertoriés par l'aviation civile près de zones de combat.

Mais l'impact de la perte du service GPS se répercuterait sur la société de nos jours. Pour la plupart des Américains, les cartes et les outils de navigation, les réseaux sociaux, les achats, les rencontres et les relations sont tous pris en charge par les services de localisation de leurs téléphones... Et avec l'arrivée de nouvelles technologies, notamment les voitures électriques autonomes, le GPS jouera un rôle croissant et sans aucun doute indispensable.

À Colorado Springs, le Centre national de défense spatiale de Schriever peaufine ses plans pour défendre les satellites militaires dans le cadre d'un partenariat unique en son genre entre



À Schriever, salle de contrôle du système GPS, au sol et dans l'espace, lors du 30ème anniversaire du service. Au 1er plan : la maquette d'un satellite GPS.

l'armée et les agences de renseignement. Les satellites GPS contrôlés par Colorado Springs sont essentiels à l'économie et à la vie quotidienne des États-Unis

Lorsque la Russie a abattu un vol de Korean Airlines en 1983 avec des missiles air-air, l'équipage et toutes les personnes à bord ont payé le prix ultime pour s'être égarés dans un espace aérien restreint.

L'armée russe a confondu le vol commercial avec 269 personnes à bord pour un avion espion, car il se trouvait à plus de 300 km de sa trajectoire planifiée.

Ces décès ont incité l'administration Reagan à ouvrir le Système de positionnement global à un usage civil, et il a révolutionné la vie depuis, en permettant à chacun d'avoir une cartographie précise sur son téléphone, en donnant aux institutions financières le pouvoir de prévenir la fraude grâce à la synchronisation du temps GPS et en fournissant aux agriculteurs de meilleurs outils pour l'irrigation et la récolte.



Le lieutenant-colonel **Robert Wray**, commandant du 2^{ème} Escadron d'opérations spatiales .

Il a pris le commandement de l'unité GPS 2 SOPS le 9 août 2022.

(Image US Space Force)

Le lieutenant-colonel Robert Wray de la Force spatiale américaine, commandant du 2^{ème} Escadron d'opérations spatiales, représentait l'U.S. Space Force, et il a prononcé le discours d'ouverture lors de la Conférence européenne annuelle sur la navigation à Noordwijk, aux Pays-Bas, le 31 mai 2023.

Le discours de Wray marquait la première apparition de l'USSF à l'ENC et se concentrait sur l'importance internationale du système de positionnement global et sur le rôle de l'USSF dans son maintien. Des professionnels gouvernementaux, universitaires et de la défense de toute l'Union européenne et du Royaume-Uni ont assisté à la conférence.

« Le GPS est indispensable au mode de vie américain et à celui des populations du monde entier », a déclaré Wray. « Le GPS n'a jamais été déconnecté, il n'a jamais échoué, et mes aviateurs, mes gardiens travaillent chaque jour pour s'assurer qu'il ne tombera jamais en panne ». Wray a également souligné que le GPS est un système essentiel pour les secteurs militaire et civil qui dépendent de son fonctionnement ininterrompu et constant, et que le 2^{ème} SOPS se consacre à soutenir cette mission avec une équipe d'experts hautement qualifiés. « L'âge moyen de mes opérateurs et ingénieurs est de 24 ans, mais le fait qu'ils soient capables de gérer un actif aussi critique à un âge aussi jeune témoigne de leur professionnalisme et de leur formation ».

L'Agence spatiale européenne dispose de son propre système de navigation, la constellation Galileo, contrôlé par des civils et destiné uniquement à un usage civil. Le GPS est principalement utilisé par des militaires et dispose de signaux et de tactiques spécifiques conçus pour soutenir les capacités militaires américaines, alliées et partenaires.



Image du Soleil prise par la sonde spatiale indienne Aditya. Zones de taches solaires, et de Soleil calme révélées au travers des photos transmises par l'Agence spatiale indienne ISRO .

Les toutes premières images du Soleil sur un disque complet ont été capturées par la mission indienne Aditya-L1 (déclaration de l'agence ISRO début décembre).

Les photos, dans des longueurs d'onde proches de l'ultraviolet « fournissent des informations novatrices sur les détails complexes de la photosphère et de la chromosphère du Soleil », a publié ISRO sur X.

Le télescope d'imagerie solaire UV (instrument SUI) à bord du vaisseau spatial Aditya-L1 a capturé les images dans la gamme de longueurs d'onde de 200 à 400 nm, a indiqué l'ISRO dans un communiqué. SUI capture des images de la photosphère et de la chromosphère du Soleil dans cette gamme de longueurs d'onde à l'aide de divers filtres scientifiques.

Les observations de SUI aideront les scientifiques à étudier le couplage dynamique de l'atmosphère solaire magnétisée et à imposer des contraintes strictes sur les effets du rayonnement solaire sur le climat terrestre, a indiqué l'agence spatiale.

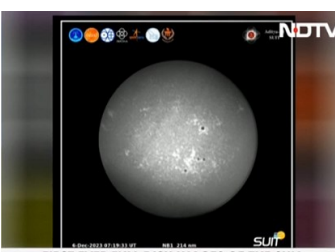


Image de la télévision indienne.

ISRO : « Le 20 novembre 2023, la charge utile SUI a été mise sous tension. Après une phase de pré-mise en service réussie, le télescope a capturé ses premières images scientifiques de la lumière solaire le 6 décembre 2023 ».

Mission Aditya-L1

La charge utile SUI capture des images du disque complet du Soleil dans des longueurs d'onde proches de l'ultraviolet

Les images incluent les toutes premières représentations du Soleil sur disque complet dans des longueurs d'onde allant de 200 à 400 nm.

Ils fournissent un aperçu novateur des détails complexes.

ISRO @ISRO · Follow

Aditya-L1 Mission: The SUI payload captures full-disk images of the Sun in near ultraviolet wavelengths. The images include the first-ever full-disk representations of the Sun in wavelengths ranging from 200 to 400 nm. They provide pioneering insights into the intricate details... [Show more](#)

12:43 PM · Dec 8, 2023

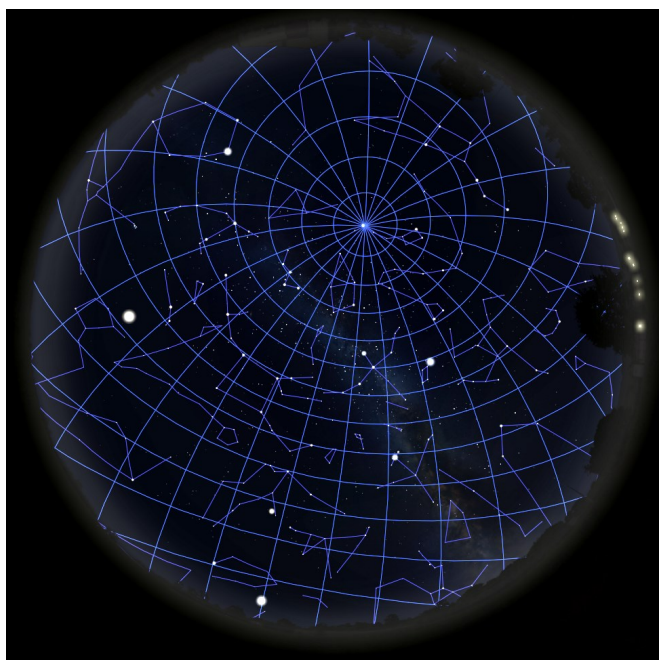
Comment se repère-t-on dans le ciel ?

Ce qui est l'évidence pour l'astronome ne l'est sans doute pas pour le commun des mortels...

Et ça ne fait pas de mal de revoir quelques notions après avoir écouté attentivement Lionel lors des ateliers, et décidé de sortir pour la première fois le télescope ou la lunette qui dormait dans le grenier... « *Mais où est donc Albiréo ? Je reconnais la "casserole", mais le reste ?* ».

Coordonnées célestes pour les débutants. Ascension droite et déclinaison.

Une fois que vous détenez les clés de l'*ascension droite* et de la *déclinaison*, se repérer dans le ciel est presque aussi simple que se repérer sur une carte. Mais si vous avez déjà des doutes sur le deuxième point... mieux vaut continuer la lecture de l'article.



Le ciel est drapé d'une grille de coordonnées invisible qui vous aidera à trouver facilement n'importe quel objet de votre choix, tout comme vous localiseriez une ville sur une carte...

Le ciel nocturne de la région parisienne le 15 novembre 2023 vers 17h50 TU. (image Stellarium)

Tôt ou tard, tout observateur novice du ciel rencontre les termes RA et Dec, abréviations de **Right Ascension** (ascension droite) et de **Declination** (déclinaison). Il ne s'agit que de chiffres donnant la position des objets dans le ciel, comme les étoiles, à la manière de la latitude et la longitude qui donnent la position sur la Terre.

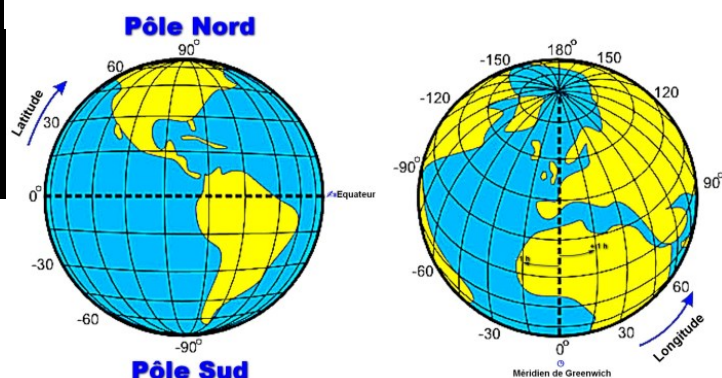
Latitude & Longitude

Pour trouver n'importe quel endroit sur le globe terrestre, il suffit de connaître :

- sa latitude, qui est la distance en degrés Nord ou Sud de l'équateur,
- sa longitude qui est la distance en degrés Est ou Ouest, du méridien d'origine.

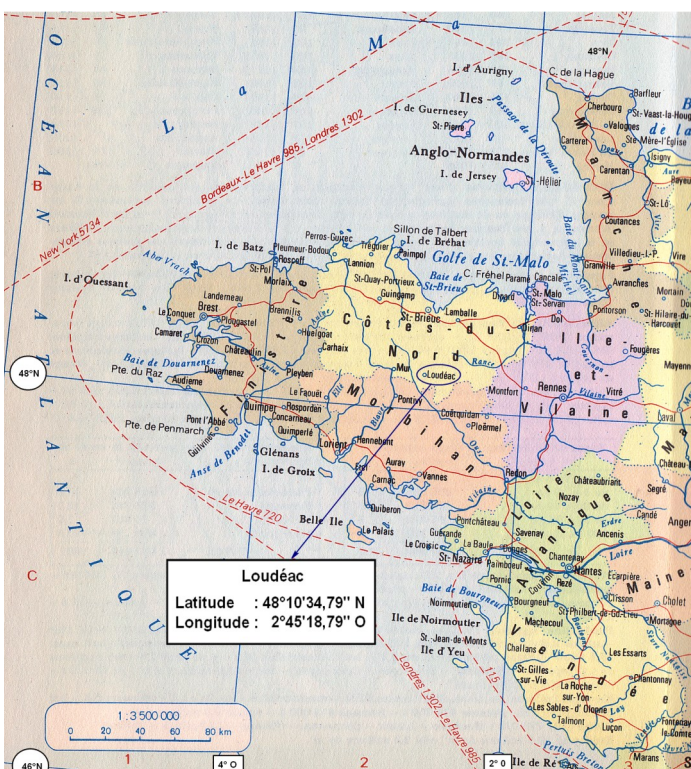
Le méridien d'origine est une ligne imaginaire qui traverse l'Observatoire royal de Greenwich, au Royaume-Uni, et qui s'étend jusqu'aux pôles Nord et Sud (Conférence internationale de Washington de 1884). Il définit la ligne de longitude zéro (0°), tout comme l'équateur définit la ligne de latitude 0°.

Chaque ville sur la Terre a une latitude et une longitude uniques. Prenez Loudéac, en France, dans les « Côtes du Nord » de mon vieil atlas de poche par exemple, et qui est située à une latitude de 48°10'34,79" Nord et une longitude de 2°45'18,79" Ouest ; ou Wonglepong, en Australie, situé le long de la côte Est de ce continent à -27,0° Sud et 153,2° Est. Un signe négatif devant la latitude indique le sud et un signe positif (souvent omis) le nord. Chaque emplacement, qu'il s'agisse d'une ville, d'un aéroport ou même de votre propre maison ou immeuble, se trouve quelque part sur la grille de coordonnées mondiale (ci-dessous), son emplacement étant



fixé par deux nombres. Les cartes bien réalisées de la Terre sont représentées recouvertes d'une grille imaginaire de lignes de latitudes (mesurées de 0° à 90° Nord et Sud de l'équateur) et de lignes de longitudes (mesurées de 0° à 180° Est et Ouest du méridien d'origine). Vous verrez parfois les suffixes de longitude Est et Ouest remplacés par un signe négatif pour l'hémisphère occidental et un signe positif pour l'hémisphère oriental.

Chaque degré de latitude équivaut à environ 111 kilomètres à la surface de la Terre. Pour plus de précision, nous décomposons les degrés soit en fractions de degré, soit en divisions sexagésimales : degrés, minutes et secondes d'arc. Il y a 60 minutes dans un degré et 60 secondes dans une minute. L'emplacement précis de Loudéac peut donc aussi s'écrire 48,176330 Nord et 2,755219 Ouest, et cela peut entraîner quelques surprises pour ceux qui entrent une valeur décimale à la place de la valeur sexagésimale attendue (ou vice versa) dans un appareil de guidage GPS.



Un Atlas de poche imprimé en Tchécoslovaquie en 1978 ; cela explique les « Côtes du Nord » en lieu et place de « Côtes d'Armor ».

Loudéac est ici repéré avec ses coordonnées géographiques précises, ce qui vous permettra d'aller y chercher les meilleures galettes de blé noir (sarrasin) de Bretagne, à la boutique « La fleur de blé noir ».

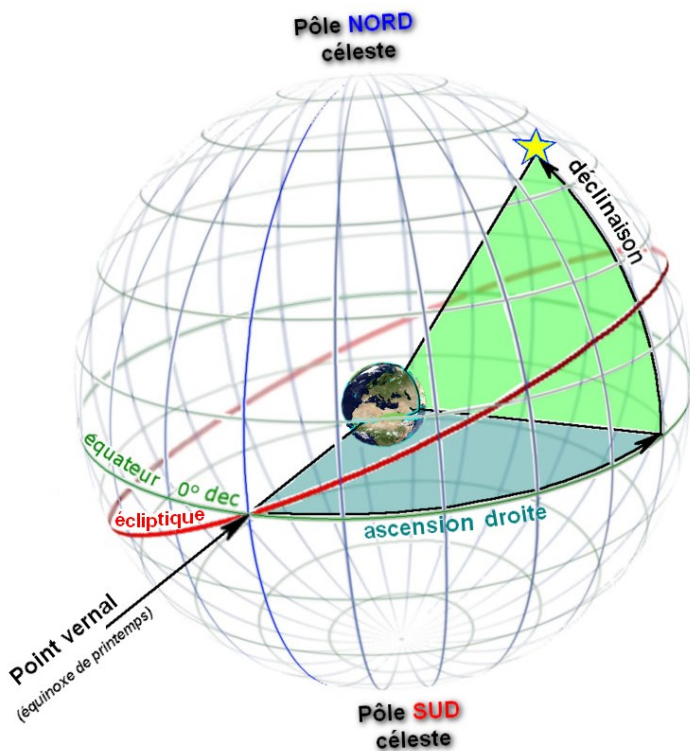
Ascension droite et déclinaison.

Comme les villes, chaque objet dans le ciel possède deux nombres qui fixent son emplacement, appelés *ascension droite* et *déclinaison*, plus généralement appelés coordonnées célestes de l'objet. La déclinaison correspond à la latitude et l'ascension droite à la longitude et cette dernière correspondance peut sembler bizarre pour les débutants astronomes. Il n'y a pas de routes dans le ciel, il est donc crucial de connaître les coordonnées d'un objet pour le trouver dans votre télescope.

Utilisons notre imagination et imaginons la grille latitude-longitude de la planète comme la surface d'un ballon de football flexible et transparent. Si vous pouviez gonfler la balle dans une gigantesque sphère centrée sur la Terre, vous lèveriez les yeux et verriez des lignes de latitude et de longitude imprimées sur le ciel.

L'équateur, qui marque la ligne de latitude 0°, fait désormais le tour du ciel comme l'*équateur céleste*, tandis que les pôles célestes Nord et Sud planent au-dessus des deux extrémités des axes polaires de la planète.

Vu de l'équateur terrestre, l'*équateur céleste* commence à l'horizon Est, passe directement au-dessus et descend jusqu'à l'horizon Ouest. Puisque nous sommes à l'intérieur d'une sphère, cela continuerait également à l'arrière de la Terre, mais caché à nos yeux.



Coordonnées célestes : ascension droite et déclinaison.

Voici la Terre à l'intérieur du gros ballon de football. La *déclinaison* (vert) est mesurée en degrés Nord et Sud de l'*équateur céleste*.

L'ascension droite, semblable à la longitude, est mesurée à l'Est du *point vernal*, intersection de l'*écliptique* et de l'*équateur céleste* lors de l'équinoxe de printemps.

Le cercle rouge représente la trajectoire apparente du Soleil dans le ciel, qui définit l'*écliptique*.

Aux latitudes moyennes, l'équateur céleste se situe à mi-chemin entre l'horizon et le point supérieur, tandis que depuis les pôles, l'équateur céleste encercle l'horizon.

Tout ce qui se trouve au nord de l'équateur céleste a une déclinaison vers le nord, marquée d'un signe positif.

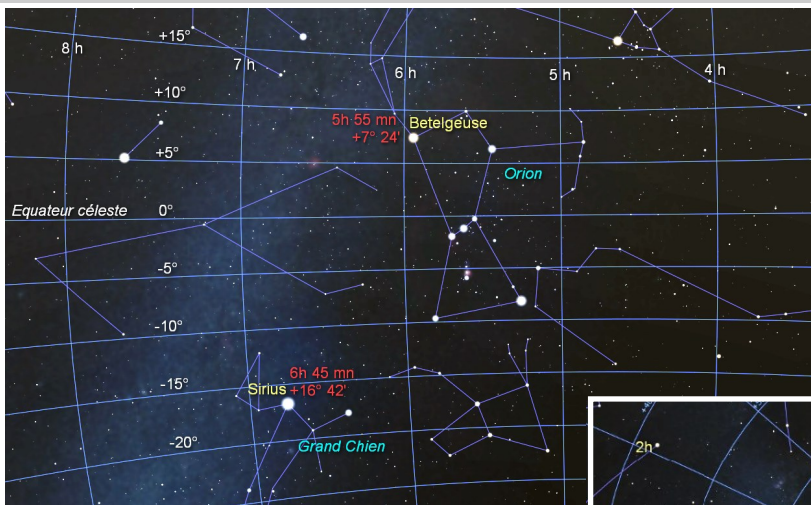
Tout ce qui se trouve au sud de l'équateur a une déclinaison négative écrite avec un signe négatif.

Par exemple, la déclinaison de Vega est de +38° 47' 1", tandis que celle d'Alpha Centauri est de -60° 50' 2".

Une étoile, Vega, est au nord de l'équateur céleste et l'autre, Alpha Centauri, est au sud.

Pouvez-vous deviner la déclinaison du pôle Nord céleste ?

! 2irpmo 6ôb 33vs suov + °0p+ #ib 33vs suov !2



Le ciel peut être traité comme une horloge, car il semble tourner pendant que la Terre tourne. Ainsi, le point zéro de l'ascension droite est appelé « 0h » pour « zéro heure ».

Contrairement à la longitude, RA (l'ascension droite) est mesurée dans une seule direction : l'Est.

Comme il y a 24 heures dans une journée, chaque heure d'ascension droite mesurée le long de l'équateur équivaut à 1/24^{ème} de cercle (360° divisé par 24) soit 15°. Cela représente un peu plus de la moitié de la largeur de la constellation de Cassiopée, bien reconnaissable à sa forme de W.

Navigation dans le ciel simplifiée

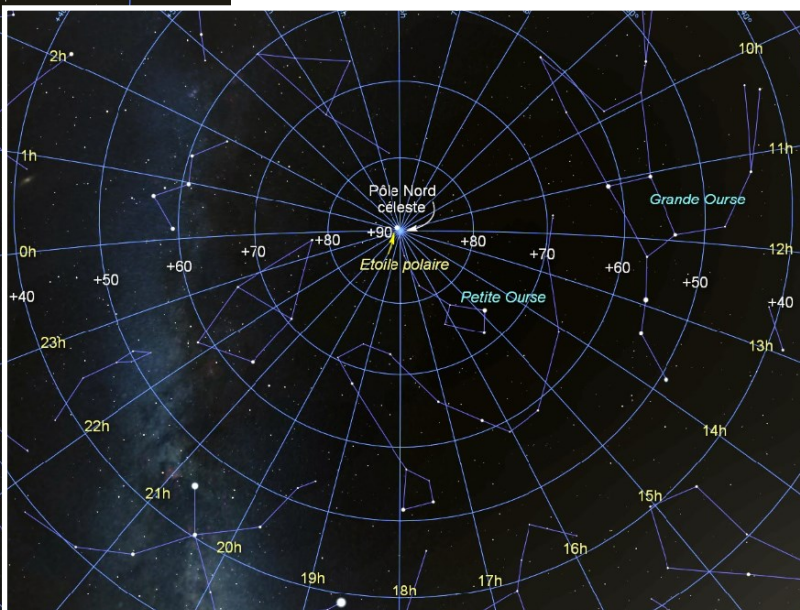
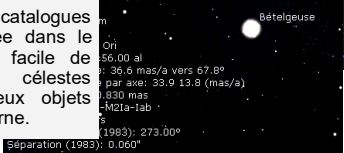
Voici une tranche de ciel divisée en deux par l'équateur céleste avec les heures d'ascension droite (RA) indiquées en haut et la déclinaison (Dec) à gauche.

Les coordonnées des étoiles brillantes Bételgeuse et Sirius sont également indiquées. (Image Stellarium)

Voici d'ailleurs ce qu'indique l'excellent logiciel Stellarium quand l'étoile Bételgeuse est sélectionnée :

Bételgeuse (Al Mankib - Betelgeux - M₄ Ori - 58 Ori - HIP 27989 - SAO 1132)
 Type: étoile variable pulsante, étoile double (SRC)
 Magnitudes: 0.45 (réduit à 0.74 par 2.26 Masses d'air)
 Magnitude absolue: -5.47
 Index de couleur (B-V): 1.52
 Plage de magnitudes: 0.00-1.30 (Système photométrique: V)
 AD/Dec (J2000.0): 5h55m27.40s/+7°24'42.4"
 AD/Dec (de la date): 5h55m27.40s/+7°24'42.4"
 AH/Dec: 20h07m45.70s/+7°26'16.7" (apparent)
 Az./Haut.: +110°10'35.0"/+26°18'09.2" (apparent)
 Long./lat. gal.: -100°12'45.9"/+85°57'30.2"
 Long./lat. supergal.: -7°16'31.0"/+52°32'32.4"
 Long./lat. écl. (J2000.0): +88°45'17.3"/-16°01'36.9"
 Long./lat. écl. (de la date): +89°05'09.0"/-16°01'25.7"
 Obliquité de l'écliptique (de la date): +23°26'18.3"
 Temps sidéral moyen: 2h04m08.6s
 Temps sidéral apparent: 2h04m08.1s

Quand la totalité des catalogues d'étoiles a été téléchargée dans le logiciel Stellarium, il est facile de trouver les coordonnées célestes RA et Dec de nombreux objets remarquables du ciel nocturne.



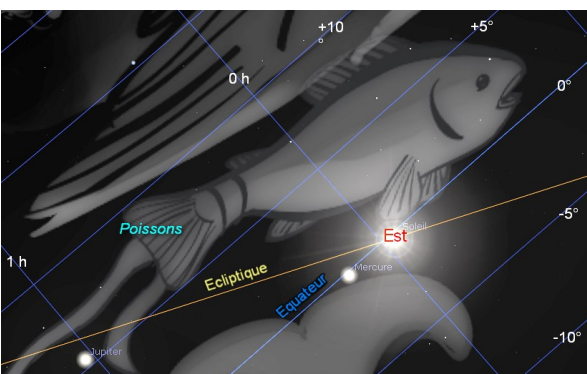
Une horloge dans le ciel

Cette vue montre le pôle nord céleste et les régions polaires. Les déclinaisons sont étiquetées tous les 10° et les heures d'ascension droite sont indiquées autour du cercle. Par convention, 0h est utilisé au lieu de 24h.

Alors que nous utilisons un emplacement physique sur Terre comme référence pour la longitude...

- quelle référence utilisons-nous pour l'ascension droite ?
- où se trouve la marque 0h dans le ciel qui sépare l'Est de l'Ouest ?

Eh bien, les astronomes utilisent l'endroit où le Soleil arrive le premier jour du printemps, c'est-à-dire l'équinoxe de printemps. Actuellement, ce point est situé dans la constellation des Poissons.



Passage du Soleil lors de l'équinoxe de printemps du 20 mars 2023. (Image Stellarium)

Conformément au thème temporel de l'ascension droite, les heures sont subdivisées en minutes et secondes, et sont même écrites en minutes (avec m, le symbole vrai est mn) et secondes (s). Avec, comme exemple, l'étoile polaire qui est située à RA 2h 41m 39s, Dec +89° 15' 51".

Parce que les étoiles se répartissent dans un ciel divisé en 24 heures, l'ascension droite ou RA varie de 0h à 23h 59 m 59 s. L'étoile 29 Piscium, située immédiatement à l'Est du point d'équinoxe est très proche de 0h avec un RA de 0h 01m 49s, tandis que sa voisine, qui est Omega (ω) Piscium, située juste à l'Ouest du point d'équinoxe, a un RA de 23h 59m 19s.

Mais, contrairement aux coordonnées terrestres, les coordonnées célestes changent en raison de la lente oscillation de l'axe terrestre, un phénomène appelé précession (rotation complète en 26 000 ans). La précession fait dériver les points d'équinoxe, et s'ajoutent aussi les effets des marées et de la Lune. À mesure que l'équinoxe se déplace, il entraîne avec lui la grille des coordonnées. C'est pourquoi les catalogues d'étoiles et les logiciels doivent être régulièrement mis à jour selon la dernière « époque ».

Cela se fait tous les 50 ans. La plupart des catalogues et logiciels utilisent actuellement les coordonnées Epoch J2000.0 (pour l'année 2000).

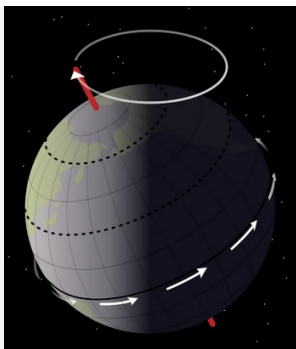
♃ Psc - 28 Psc - HIP 118268 - S

Type: étoile
 Magnitude: 4.00
 Magnitude absolue: 1.47
 Index de couleur (B-V): 0.41
 AD/Déc (J2000.0): 23h59m18.93s/+6°51'45.3"
 AD/Déc (de la date): 0h00m29.66s/+6°59'26.7"
 AH/Déc: 17h57m12.40s/+6°59'26.7"
 Az./Haut.: +84°51'27.7"/+4°47'35.3"
 Long./lat. gal.: +100°41'24.4"/-53°44'35.3"
 Long./lat. supergal.: 60833°34.8"/+15°

La prochaine mise à jour majeure aura lieu en 2050... Alors, tenez- vous prêts !

L'astronome amateur est cependant aidé aujourd'hui par la technologie et les montures « Go To » qui offrent en général une base de données généreuse d'objets catalogués du ciel ; et le logiciel intégré sait où orienter la monture vers la cible demandée. Pour les adeptes du « Dobson » 100 % manuel, ou pour localiser un objet inattendu comme une nouvelle comète, RA et Dec pourront devenir utiles pour se repérer dans le ciel, à l'aide d'un planisphère (roue étoilée) ou d'un logiciel de planétarium gratuit comme Stellarium. Si vous recherchez un objet plus faible, vous aurez besoin d'un atlas des étoiles pour tracer manuellement ses RA et DEC directement sur le graphique, en interpolant si nécessaire.

En astronomie, la précession axiale est un changement lent et continu induit par la gravité dans l'orientation de l'axe de rotation d'un corps astronomique. En l'absence de précession, l'orbite du corps astronomique présenterait un parallélisme axial. En particulier, la précession axiale peut faire référence au changement progressif de l'orientation de l'axe de rotation de la Terre au cours d'un cycle d'environ 26 000 ans. Ceci est similaire à la précession d'une toupie, dont l'axe trace une paire de cônes réunis à leurs sommets. Le terme « précession » fait généralement référence uniquement à cette plus grande partie du mouvement ; d'autres changements dans l'alignement de l'axe de la Terre – la nutation et le mouvement polaire – sont d'une ampleur bien moindre.



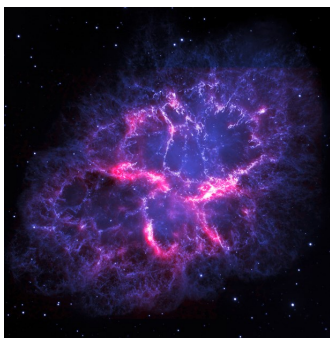
Mouvement précessionnel de la Terre. La Terre tourne (flèches blanches) une fois par jour autour de son axe de rotation (rouge) ; cet axe lui-même tourne lentement (cercle blanc), accomplissant une rotation en 26 000 ans environ.

La précession de la Terre était historiquement appelée précession des équinoxes, car les équinoxes se déplaçaient vers l'ouest le long de l'écliptique par rapport aux étoiles fixes, à l'opposé du mouvement annuel du Soleil le long de l'écliptique. Historiquement, la découverte de la précession des équinoxes est généralement attribuée en Occident à l'astronome Hipparque du 2^{ème} siècle avant JC. Grâce aux améliorations apportées à la capacité de calculer la force gravitationnelle entre les planètes au cours de la première moitié du 19^{ème} siècle, il a été reconnu que l'écliptique elle-même se déplaçait légèrement, ce qui a été appelé précession planétaire, dès 1863, tandis que la composante dominante a été appelée précession luni-solaire. Leur combinaison fut appelée précession générale, au lieu de précession des équinoxes.

La précession de l'axe terrestre a un certain nombre d'effets observables :

Premièrement, les positions des pôles célestes sud et nord semblent se déplacer en cercles sur le fond d'étoiles fixes dans l'espace, complétant un circuit en environ 26 000 ans. Ainsi, alors qu'aujourd'hui l'Étoile polaire se trouve approximativement au pôle Nord céleste, cela changera avec le temps et d'autres étoiles deviendront « l'étoile du nord ». Dans environ 3 200 ans, l'étoile gamma Céphée (constellation de Céphée), succédera à l'Étoile polaire à ce poste.

Deuxièmement, le pôle sud céleste n'a actuellement pas d'étoile brillante pour marquer sa position, mais avec le temps, la précession fera également en sorte que des étoiles brillantes deviennent des étoiles du Sud. À mesure que les pôles célestes se déplacent, il y a un changement progressif correspondant dans l'orientation apparente de l'ensemble du champ stellaire, vu depuis une position particulière sur Terre.



L'un des rémanents de supernova les plus connus est la Nébuleuse du Crabe. C'est un nuage vapoureux de gaz formant des filaments, qui est issu d'une explosion de supernova observée par des astronomes chinois en 1054. Il reste en son centre une étoile à neutrons qui tourne rapidement sur elle-même (un pulsar) et qui libère des flux de particules très énergétiques dans la nébuleuse.

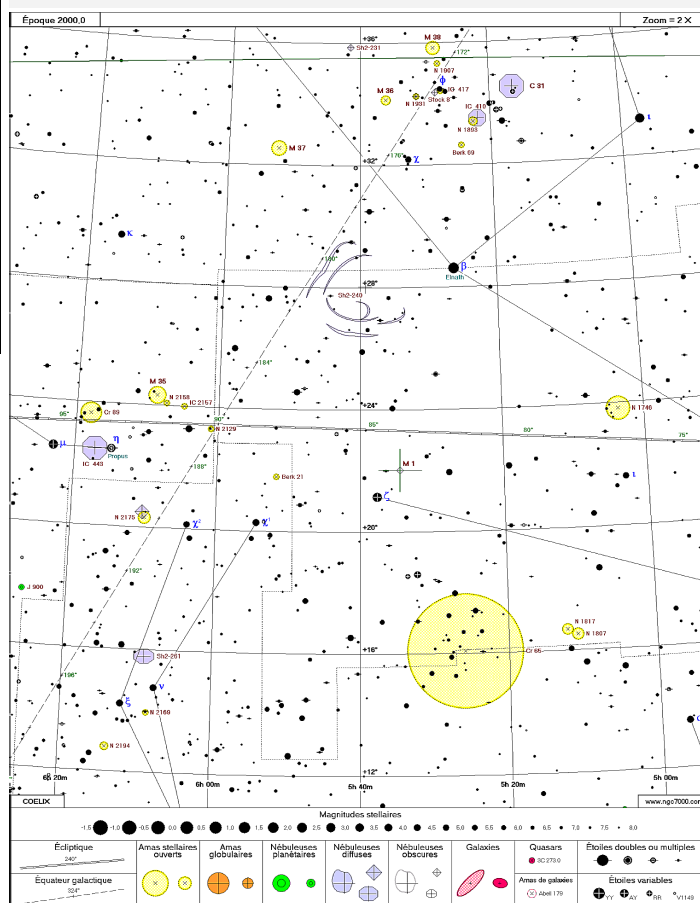
Repéré en 1731 par l'astronome amateur John Bevis, ce résidu de

Une image composite de la Nébuleuse du Crabe par les télescopes Hubble et Herschel du 11 décembre 2013 - ESA/Herschel/PACS/MESS Key Programme Supernova Remnant Team ; NASA, ESA et Allison Loll/Jeff Hester (Arizona State University) .

supernova sera (re)découvert par Charles Messier le 12 septembre 1758 alors qu'il cherchait la comète de Halley. Mais c'est le dessin de William Parsons, qui observait au Birr Castel avec un télescope de 90 cm au début des années 1840, qui a donné ce nom à la nébuleuse. C'est Susan Jocelyn Bell, en 1968, qui va découvrir l'étoile pulsar à l'origine de la nébuleuse. L'âge précis de la formation de cette supernova (en 1054) va permettre aux scientifiques de mieux comprendre la formation des rémanents de ces gigantesques explosions cosmiques.

La nébuleuse du crabe est le premier objet astrophysique confirmé comme émetteur de rayons gamma de haute énergie (> 100 GeV) et en 2019, la première source observée dépassant 100 TeV.

Ascension droite : 05h 34m 31,9 Déclinaison : + 22° 00' 52,3"
 Magnitude : 8,40 ± 0,10 Distance : 6 500 ± 1 600 al
 Constellation : Taureau Au méridien : en décembre, janvier



Les coordonnées équatoriales (époque J2000.0) et les magnitudes visuelles sont extraites de la base de données HyperLeda et du CDS Visual. La carte a été obtenue avec le logiciel Coelix.

Une nouvelle époque pour la Lune ?

Les scientifiques disent qu'il est temps de déclarer une nouvelle époque sur la Lune : "l'Anthropocène Lunaire".

En fait, il s'agirait de tracer le moment où l'homme, tout comme sur la Terre, a commencé à laisser des traces de son activité sur notre satellite naturel.

Anthropocène signifie « ère de l'être humain »

En fait, sur Terre, c'est une époque qui aurait débuté à la fin du XVIII^{ème} siècle, avec la révolution industrielle. Mais il est bien possible qu'elle ait débuté avant... L'humanité a sans aucun doute bouleversé des paysages et détruit des espèces rares avant cela. Mais il faut bien définir un début.

En ce qui concerne la Lune, avant 1957, l'année du Spoutnik russe, l'homme se contentait de peu dans l'atmosphère terrestre, et donc encore moins sur la Lune, qui était donc restée comme à l'origine, hormis quelques chutes d'astéroïdes qui ont forgé cratères et mers lunaires... sans l'aide de l'homme.

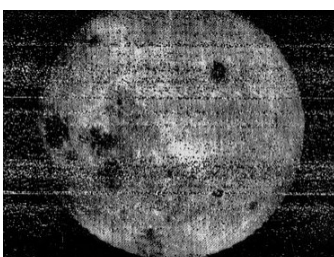
Les êtres humains ont perturbé pour la première fois la poussière lunaire le 14 septembre 1959, lorsque le vaisseau spatial non habité de l'URSS, Luna 2, s'est "posé" sur la surface lunaire.

Luna 2



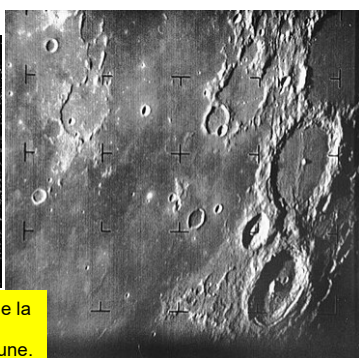
L'ère spatiale a en fait débuté dès 1950 ; la Lune toute proche était une cible tentante et convoitée par les deux grands de l'époque : U.S.A. et U.R.S.S., avec respectivement les programmes Ranger et Luna. Mais l'homme préhistorique devait déjà se demander comment aller y faire un tour, en regardant les étoiles, faute de télévision à l'époque.

Au cours des décennies suivantes, plus d'une centaine d'autres vaisseaux spatiaux ont touché la Lune, sans ou avec équipage, parfois atterrissant et parfois s'écrasant. Les plus célèbres d'entre eux étaient les modules lunaires Apollo de la NASA, qui ont transporté des humains à la surface de la Lune, au grand étonnement de l'humanité.



Luna 3 : 1^{ère} photo de la face cachée de la Lune en 1959.

Ranger : 1^{ère} photo américaine de la Lune.



Dans les années à venir, les missions et projets déjà planifiés modifieront la face de la Lune de manière plus extrême. Aujourd'hui, selon des anthropologues et des géologues de l'Université du Kansas, il est temps de reconnaître que les

humains sont devenus la force dominante qui façonne l'environnement de la Lune en déclarant une nouvelle époque géologique pour la Lune : l'Anthropocène lunaire.

« L'idée est à peu près la même que la discussion sur l'Anthropocène sur Terre : l'exploration de l'impact des humains sur notre planète », a déclaré l'auteur principal Justin Holcomb, chercheur postdoctoral au Kansas Geological Survey à la KU.

Justin Holcomb



« Le consensus est, que sur Terre, l'Anthropocène a commencé à un moment donné dans le passé, que ce soit il y a des centaines de milliers d'années ou dans les années 1950. De même, sur la Lune, nous affirmons que l'Anthropocène lunaire a déjà commencé, mais nous voulons éviter des dommages massif ou un retard dans sa reconnaissance jusqu'à ce que nous puissions mesurer un halo lunaire significatif provoqué par les activités humaines, ce qui serait trop tard ».

Alors que Holcomb et ses collègues souhaitent utiliser l'Anthropocène lunaire pour mettre en évidence l'impact environnemental négatif potentiel de l'humanité sur la Lune, ils espèrent également attirer l'attention sur la vulnérabilité des sites lunaires ayant une valeur historique et anthropologique, qui n'ont actuellement aucune loi, ou politique de protection, contre les perturbations.

« Un thème récurrent dans notre travail est l'importance des matériaux lunaires et des empreintes de pas sur la Lune en tant que ressources précieuses, semblables à des archives archéologiques que nous nous engageons à préserver », a déclaré Holcomb. « Le concept d'anthropocène lunaire vise à sensibiliser et à susciter la réflexion sur notre impact sur la surface lunaire, ainsi que sur notre influence sur la préservation des artefacts historiques ». Le chercheur a déclaré que ce domaine du "patrimoine spatial" viserait à préserver ou à cataloguer des objets tels

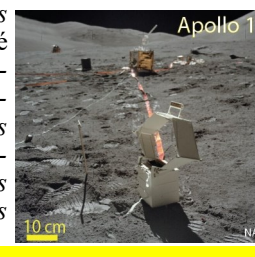
que des rovers, des drapeaux, des balles de golf et des empreintes de pas sur la surface de la Lune.

« En tant qu'archéologues, nous percevons les empreintes de pas sur la Lune comme une extension du voyage de l'humanité hors

de l'Afrique, une étape cruciale dans l'existence de notre espèce » a déclaré Holcomb. « Ces empreintes sont étroitement liées au récit global de l'évolution. C'est dans ce cadre que nous cherchons à capter l'intérêt non seulement des planétologues, mais aussi des archéologues et des anthropologues qui ne s'engagent généralement pas dans des discussions sur la science planétaire ».



Apollo 17 : l'astronaute et géologue Harrison Schmitt. (NASA)



Traces et objets laissés par Apollo 17

Holcomb a déclaré qu'il espérait que le concept de l'Anthropocène lunaire pourrait aider à dissiper le mythe selon lequel la Lune est un environnement immuable, à peine impacté par l'humanité.

Un fossile de *Tyrex* vieux de 75 millions d'années au contenu stomacal conservé



Quatre petites pattes pour le dîner, un pas de géant pour le genre Tyrannosaure.

Le dernier repas d'un *tyrannosaure* a été découvert pour la première fois dans un fossile montrant un *gorgosaure* juvénile avec le contenu de son estomac in situ. Le mangeur difficile n'a mangé que les pattes de deux petits dinosaures à plumes qui étaient probablement un élément de menu populaire et abondant il y a environ 75 millions d'années, et l'espèce *Citipes elegans* est maintenant mieux connue grâce au contenu fossilisé de son estomac.



Darla Zelenitsky

« C'est plutôt malheureux pour les *Citipes*, mais heureux pour nous », a déclaré la co-auteure de l'étude, Darla Zelenitsky, de l'Université de Calgary. Zelenitsky décrit le spécimen de *Gorgosaurus* comme un « fossile unique dans sa carrière » en raison de son caractère unique en tant que premier tyrannosaure jamais trouvé avec un contenu gastrique préservé.

La dégradation des os nous indique que le *Gorgosaure* a dû mourir moins d'une semaine après avoir mangé les pattes du *Citipes*, mais qu'est-ce qui l'a tué ? « La cause du décès des petits *Citipes* est assez claire », a plaisanté François Therrien, le co-auteur, du Royal Tyrrell Museum. « Mais quant à la cause de la mort du *Gorgosaurus* ? Nous n'en avons aucune idée, mais [il] n'est probablement pas mort d'une indigestion ... La carcasse du dinosaure a été retrouvée au fond d'un gisement de rivière, mais cela ne signifie pas nécessairement qu'il s'est noyé dans la rivière. C'est juste que c'est un environnement idéal pour être enterré car les rivières transportent beaucoup de sédiments ».

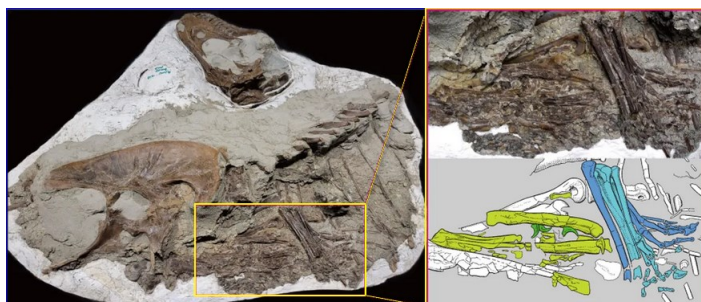
Darla Zelenitsky (à gauche) et François Therrien

avec le fossile de *Gorgosaurus* au contenu stomacal préservé.

(Image : Musée Royal de paléontologie Tyrrell)



Le moment de la mort peut avoir un impact important sur notre capacité à en apprendre davantage sur les animaux disparus, en particulier en ce qui concerne leur comportement, rarement capturé par les fossiles. Des exceptions à cette règle ont été trouvées dans le désert de Gobi en Mongolie, où des animaux anciens mouraient parfois à cause de l'effondrement soudain de dunes. Zelenitsky : « disons qu'il y a eu une tempête de pluie et que les dunes se sont effondrées sur les dinosaures ... vous les avez souvent [préservés] dans ces positions de vie, ce qui est vraiment sympa ... Vous verrez donc des oviraptors assis sur leurs œufs en train de les couvrir. Le célèbre spécimen connu de Mongolie était lié à un effondrement de dunes, et ce sont un *Vélociraptor* et un *Protoceratops* qui sont physiquement imbriqués et qui se combattent ». Ce spécimen de l'Alberta, qui a été conservé dans un environnement fluvial, nous donne un bon aperçu du comportement d'un tyrannosaure, à savoir son comportement alimentaire. C'était un mangeur difficile, qui partait à la poursuite de proies petites et rapides comme les *Citipes*. La découverte des habitudes alimentaires des tyrannosaures juvéniles approfondit une idée que Therrien et Zelenitsky étudiaient sur la manière dont ces animaux étaient capables de dominer certains écosystèmes. Ils soutiennent que, plutôt que de suivre un comportement alimentaire unique tout au long de leur vie, le régime alimentaire de ces animaux changeait à mesure qu'ils vieillissaient, ce qui signifie que même s'ils ne représentaient qu'un seul groupe d'animaux, ils occupaient plusieurs positions au sein de la chaîne alimentaire.



L'analyse des os du contenu de l'estomac du *Gorgosaurus* indique qu'il a mangé deux *Citipes* à quelques jours d'intervalle avant de mourir.

(Images : Kohei Tanaka / Université de Tsukuba et François Therrien / RTMP)

Grâce aux marques de morsure trouvées sur les os fossiles, les tyrannosaures adultes semblaient enclins à éliminer les grands herbivores comme les cératopsiens (dinosaures à cornes) et les hadrosaures (dinosaures à bec de canard). Le *Gorgosaurus* adulte pesait environ 1 tonne et utilisait son crâne massif et ses dents de tueur pour attraper de grosses proies et mordre les os.

Therrien : « Maintenant que nous avons la preuve que les jeunes tyrannosaures avaient un régime alimentaire différent de celui des adultes ; nous voulons essayer de déterminer s'il y a d'autres choses que nous pouvons dire à ce sujet, comme par exemple de quel type de proie ils se nourrissaient, ou à quel moment exact [se produisait] le changement de régime alimentaire et comment ».

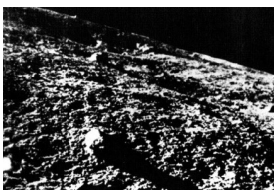
Occuper différentes niches écologiques aurait donné au *Gorgosaurus* l'avantage de ne pas rivaliser pour les ressources avec ses homologues plus âgés et plus jeunes, et aurait peut-être contribué à ce que les tyrannosaures deviennent finalement les plus grands dinosaures prédateurs de l'histoire de la Terre.



Tout indique que l'année 2024 sera synonyme d'exploration, d'innovations, de risques et aussi d'émerveillements pour qui s'intéresse à l'aéronautique.

La Lune, objet de convoitise en 2024

Un nombre sans précédent de missions sur la Lune, tant privées que publiques, devraient avoir lieu au cours de l'année à venir, couronnées par la mission avec équipage Artemis 2 de la NASA autour de notre satellite naturel. Toutefois, avant que cela n'arrive, il existe une multitude de missions robotiques auxquelles nous pouvons nous attendre.



Première image de surface lunaire par Luna 9 en février 1966

Trois missions lunaires Intuitive Machines



Page d'accueil du site Intuitive Machines :
NOUS OUVRONS L'ACCÈS À LA LUNE POUR LE PROGRÈS DE L'HUMANITÉ
ROULEZ AVEC NOUS

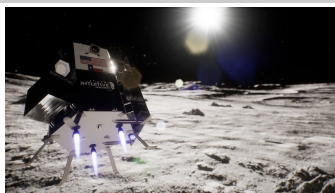
La mission Intuitive Machines 1 (IM-1), dont le lancement est prévu le 12 janvier 2024, est conçue pour placer l'atterrisseur Nova-C au cratère Malapert A, près du pôle sud de la Lune. Cette mission se distingue par le fait qu'il s'agit d'un atterrisseur lunaire de construction commerciale, transportant une suite de charges utiles de la NASA en plus du fret commercial. Ces charges utiles font partie du programme CLPS (Commercial Lunar Payload Services) de la NASA.



Représentation artistique de l'atterrisseur lunaire IM-1 (Image Intuitives Machines)

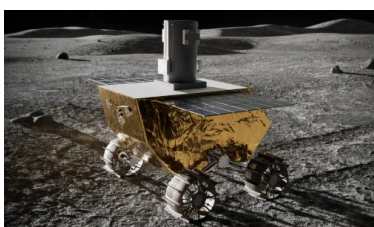
L'atterrisseur Nova-C transportera cinq instruments "sponsorisés" par la NASA ainsi que des charges utiles d'autres clients, dont EagleCAM (qui doit se détacher de l'atterrisseur pendant la descente et capturer le moment où Nova-C atteint la surface). L'atterrisseur devrait fonctionner pendant un jour lunaire, soit à peu près 14 jours terrestres et celui-ci devrait aussi, *a priori*, effectuer une quantité substantielle d'exploration et de collecte de données pendant cette période relativement courte.

La société américaine prévoit de lancer trois missions lunaires l'année prochaine, toutes envoyées dans l'espace à bord d'une fusée SpaceX Falcon 9. En plus de l'IM-1 d'Intuitive Machines, il existe l'IM-2, une deuxième mission visant à placer l'atterrisseur *Nova-C* près du cratère Shackleton, dans la région polaire sud de la Lune, pour démontrer l'utilisation des ressources sur place et mesurer le contenu volatil. À cela s'ajoute à la livraison d'un spectromètre de masse, d'une expérience Internet 4G pour Nokia et d'un rover lunaire (gravé d'un mot de passe de portefeuille cryptographique). Cette mission verra également le lancement du Lunar Trailblazer de la NASA, un orbiteur conçu pour détecter, cartographier et étudier l'eau de la Lune depuis l'orbite lunaire.



IM-2 micro nova (Image Intuitive Machines)

Une troisième mission Intuitive Machines, prévue pour la mi-2024 et appelée IM-3, devrait livrer plusieurs charges utiles dans la région lunaire *Reiner Gamma*, dont quatre charges utiles de la NASA et le rover *Lunar Vertex*, afin de mener des enquêtes scientifiques et de démontrer des technologies avancées pour l'avenir de l'exploration lunaire.

Rover Lunar Vertex
(Image Johns Hopkins APL/Lunar Outpost/Ben Smith)

L'atterrisseur lunaire Peregrine d'Astrobotic

Le mois de janvier pourrait en effet voir deux atterrisseurs privés atteindre la surface de la Lune, l'autre étant la mission Peregrine 1 (TO2-AB) d'Astrobotic. Son lancement était prévu à bord de la Vulcan Centaur de ULA le 24 décembre 2023 et sa tentative d'alunissage à Sinus Viscositatis 32 jours plus tard. Mais Tory Bruno, PDG de ULA, a communiqué que le premier vol de la fusée était retardé, avec une fenêtre de tir début janvier 2024. La mission ULA emporte le Peregrine Lunar Lander de la société américaine Astrobotic, qui a été sélectionné dans le cadre du programme CLPS de la NASA. Les nombreuses charges utiles de l'atterrisseur comprennent le réseau de rétro-reflecteurs laser pour les mesures de distance précises et le système de spectromètre à neutrons pour l'analyse de la composition des régolithes.

La mission SLIM Moon de la JAXA

Si cela ne vous suffit pas en janvier, une troisième tentative d'alunissage est prévue au cours de ce premier mois de la nouvelle année, celle-ci avec un atterrisseur public exploité par le Japon. Son agence spatiale, la JAXA, prévoit d'entrer dans l'histoire avec le tout premier atterrisseur lunaire en douceur d'un vaisseau spatial japonais, SLIM (Smart Lander for Investigating Moon), prévu pour le 19 janvier. Lancé le 6 septembre 2023 du Tanegashima Space Center, aux côtés du télescope spatial XRISM (X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission), SLIM est conçu pour un atterrisseur précis à moins de 100 mètres de sa destination cible, un exploit sans précédent dans l'exploration lunaire. S'il réussit, le Japon ne deviendra que le cinquième pays à réussir à poser une sonde sur la Lune. Cette



Atterrisseur SLIM (Image JAXA)

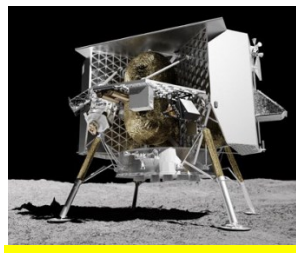
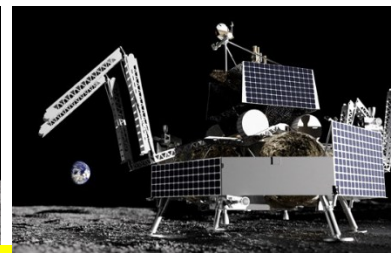


Deux missions des la JAXA (Image JAXA)

mission, mettant en valeur une technologie d'atterrissage avancée, vise à ouvrir la voie à des missions plus ambitieuses. SLIM, mesurant 2,7 mètres de longueur, transporte également deux mini sondes pour la photographie et les communications sur site.

La mission Griffin 1 d'Astrobotic

Astrobotic prévoit également un deuxième voyage vers la Lune en 2024, avec une mission nommée Griffin 1. Son lancement, plus tardif, est prévu à bord d'une fusée SpaceX Falcon Heavy en novembre, et cela est également réalisé en collaboration avec le CLPS de la NASA. La mission verra le rover VIPER de la NASA atterrir sur la région polaire sud de la Lune à bord de l'atterrisseur Griffin d'Astrobotic. De taille similaire à une voi-

PEREGRINE (petit atterrisseur)
(Images ASTROBOTIC)

GRIFFIN (atterrisseur de classe moyenne)

turette de golf, VIPER explorera la région proche du cratère Nobile pendant 100 jours, analysant le régolithe pour détecter la glace d'eau et d'autres substances volatiles à l'aide d'une perceuse et d'un spectromètre. Avec VIPER, la mission vise à comprendre la distribution de l'eau lunaire et l'utilisation



La salle de contrôle d'ASTROBOTIC à Pittsburgh en Pennsylvanie. (Image ASTROBOTIC)

potentielle des ressources pour l'exploration future. Equipé de panneaux solaires et d'une communication en bande X, VIPER devrait parcourir de 16 à 24 kilomètres, en présentant des technologies destinées aux environnements lunaires extrêmes.

La mission chinoise Chang'e-6

La mission chinoise Chang'e-6, dont le lancement potentiel est en mai 2024, vise à entrer dans l'histoire en collectant les

premiers échantillons lunaires sur la face cachée de la Lune. Ciblant le cratère Apollo dans l'immense bassin Aitken du Pôle Sud, la mission utilisera un satellite relais pour la communication et effectuera des opérations complexes, notamment l'atterrissage, l'écopage et le forage pour collecter des échantillons. De plus, cette mission va accueillir des charges utiles internationales telles que l'instrument français DORN (Detection of Outgassing Radon) pour étudier le dégazage du radon, le NILS suédois pour détecter les ions négatifs à la surface de la Lune et le cubesat ICECUBE-Q du Pakistan. Cette mission ambitieuse, lancée à bord d'une fusée Longue Marche 5, fait suite au succès de Chang'e-5,

la première mission chinoise de retour d'échantillons lunaires. A l'instar de Chang'e-5, Chang'e-6 sera composée de quatre éléments : un orbiteur, un atterrisseur, un module de remontée et un module de rentrée.

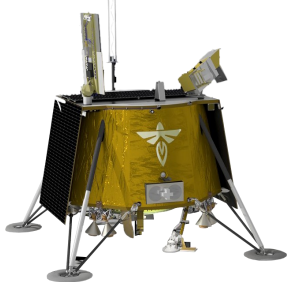


Module de remontée de Chang'e-5, sonde jumelle de Chang'e-6 (Image CNSA)

Le 4 décembre dernier, la Société des sciences et technologies aérospatiales de Chine (CASC), un conglomérat d'Etat, avait fait savoir que, sur la base d'un plan conjoint réalisé par la Chine et la France en 2019, la mission Chang'e-6 transporterait des appareils français sur la Lune pour mener des tâches scientifiques. La mission la plus récente, Chang'e-5, a atterri sur la Lune en décembre 2020 et rapporté sur Terre 1 731 grammes de roche et de sol lunaire, réalisant un accomplissement historique près de 44 ans après que les dernières substances lunaires ont été rapportées de notre proche voisine : la Lune.

Mission Blue Ghost 1 de Firefly Aerospace

Atterrisseur Blue Ghost de Firefly. (Image Firefly Aerospace)



La mission Blue Ghost 1 de Firefly Aerospace, dont le lancement est prévu au cours du second semestre 2024, fournira un ensemble diversifié de charges utiles sur la Lune, dont 10 parrainées par la NASA dans le cadre de l'initiative CLPS.

L'atterrisseur Blue Ghost de la société texane atterrira à Mare Crisium pour étudier le régolithe lunaire et les caractéristiques géophysiques uniques de la Lune.

Cette mission, lancée à bord d'une fusée Falcon 9, vise à faire progresser la recherche lunaire et à soutenir les futures missions humaines, avec des démonstrations telles que l'échantillonnage de régolithe et l'atténuation de la poussière lunaire. Les données recueillies amélioreront les connaissances lunaires et fourniront un aperçu des effets de la météo spatiale sur Terre.

Caractéristiques :

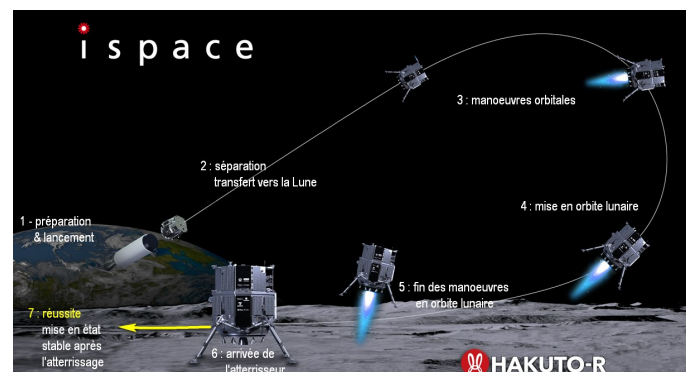
diamètre 3,5 m ;
puissance électrique : 300 W ;
masse : surface : 150 kg,
en orbite : 2 700 kg avec
véhicule de transfert.

Lanceur Firefly



ispace Hakuto-R Mission

La mission Hakuto-R 2, prévue pour fin 2024, représente la deuxième tentative d'alunissage d'ispace, s'appuyant sur les leçons de l'échec de la mission 1 ; l'atterrisseur lunaire de la société s'est écrasé sur la surface lunaire en avril 2023 alors



Atterrisseur série 1 (Image ispace)

L'atterrisseur de la série 1 a été optimisé pour sa légèreté, sa petite taille et sa fiabilité, dans le but de réussir le premier atterrissage commercial sur la Lune.

qu'il tentait un atterrissage en douceur. L'un des objectifs clés de la mission est de déployer un micro-rover, conçu pour résister aux conditions difficiles de la Lune. Équipé d'une caméra haute définition, le rover tentera de collecter de la poussière lunaire, que la NASA achètera ensuite à l'entreprise dans le cadre du programme Artemis. La Mission 2 intègre des améliorations du logiciel, de la simulation d'atterrissage et des tests de capteurs pour éviter l'échec de l'atterrissage de la Mission 1. Il transportera cinq charges utiles, dont du matériel scientifique et une plaque commémorative. La fabrication et l'assemblage sont en cours au Japon, avec un lancement prévu par une fusée Falcon 9, de SpaceX.

Beaucoup d'autres sociétés se lancent également à la conquête de la Lune et celle-ci sont le plus souvent américaines, et profitent des fonds de la NASA avec le programme CLPS ; mais d'abord, elles doivent montrer leurs compétences pour se faire reconnaître du sérail, en réussissant leurs objectifs, ce qui n'est pas toujours facile.

Laissons là les atterrisseurs pour regarder du côté des lanceurs... qui sont d'ailleurs indispensables aux premiers.

De nouvelles fusées et des vaisseaux spatiaux

Les véhicules qui les emmènent en orbite et au-delà sont de plus en plus avancés et diversifiés. Cette année 2024 verra une série de nouveaux tests et de lancements inauguraux.

Dream Chaser, un avion spatial semblable à la navette spatiale développé par Sierra Space, basé au Colorado, pourrait enfin voler en 2024. Doté d'ailes et d'un corps au design fin, Dream Chaser sera lancé à bord d'une fusée mais atterrira sur des pistes conventionnelles.



Représentation du Dream Chaser lors de la rentrée dans l'atmosphère.

(Image : Sierra Space)

Le vaisseau spatial sera principalement utilisé pour transporter des fournitures vers la Station spatiale internationale (ISS), mais il présente également un potentiel pour d'autres missions telles que le déploiement de satellites et aussi pour la recherche scientifique. Les derniers tests à la NASA sont en attente, mais si tout semble bon, Dream Chaser sera lancé en avril, lors du deuxième vol de la fusée Vulcan Centaur de ULA pour une mission sans équipage vers l'ISS.

Boeing CST-Starliner : avec des années de retard, une capsule Boeing CST-Starliner, avec un véritable équipage à bord, devrait également voler en avril, mais plus vraisemblablement en été. Le vol Crew Flight Test (CFT) de la NASA vise à tester le vaisseau spatial Starliner en l'envoyant, avec les astronautes Butch Wilmore et Suni Williams, vers l'ISS.

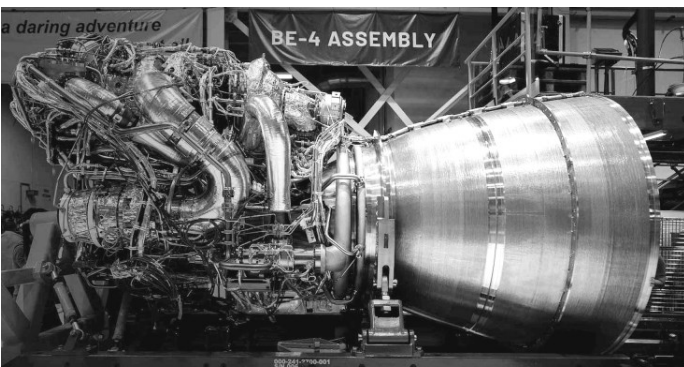


Butch Wilmore et Suni Williams devant un T38 d'entraînement à Ellington Field le 16 août 2022. (Image Robert Markowitz)

Le but de ce vol est de démontrer les capacités opérationnelles du Starliner et de confirmer son adéquation aux futures missions orbitales avec équipage. La mission utilisera une fusée ULA Atlas V pour le décollage depuis la Base spatiale de Cap Canaveral en Floride et le vaisseau spatial devrait rester amarré à l'ISS pendant environ huit jours.

Premier lancement d'Ariane 6 : la fusée européenne de nouvelle génération, Ariane 6, devrait être lancée pour la première fois entre le 15 juin et le 31 juillet. Avec le retrait d'Ariane 5, les deux variantes d'Ariane 6 sont désormais au cœur des ambitions spatiales de l'Europe, cruciales pour maintenir un accès indépendant du continent à l'espace.

La fusée New Glenn de Blue Origin : Blue Origin, fondé par Jeff Bezos, le milliardaire d'Amazon, n'a pas encore envoyé de fusée en orbite terrestre (New Shepard, sa fusée de tourisme spatial est suborbitale), mais cela pourrait changer en 2024, puisque la fusée New Glenn de sa société pourrait voler dès



Les retards de développement du moteur BE-4 (méthane-oxygène) ont impacté la sortie des fusées New Glenn et Vulcan Centaur ULA. (Image Blue Origin)

août. Cette fusée New Glenn est importante pour Blue Origin, principalement parce que celle-ci marque une avancée significative dans ses capacités. Il s'agit d'une fusée lourde capable d'envoyer des charges utiles plus importantes en orbite, permettant à Blue Origin d'entrer sur le marché concurrentiel des lancements spatiaux et de rivaliser avec de grands noms comme SpaceX, bien entendu.

Gaganyaan et Vikram-1 en Inde : en 2024, la mission indienne Gaganyaan, visant à innover en matière de capacités de vols spatiaux habités du pays, devrait franchir des étapes importantes. Gérée par l'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO), la première d'au moins deux missions de l'année débutera par un vol d'essai à une altitude de 15 km, axée sur les procédures de simulation d'abandon. Cela sera suivi d'un deuxième vol d'essai, déployant Vyommitra, un robot huma-



Le vaisseau spatial Gaganyaan (mission TV-D1) a été lancé à 4h30 UTC le 21 octobre 2023 depuis Sriharikota. Le test a été réalisé pour démontrer que l'équipage pouvait s'échapper en toute sécurité de la fusée en cas de dysfonctionnement de celle-ci. (Image ISRO)

noïde d'apparence féminine, pour valider les systèmes à une altitude plus élevée. Ces tests devraient ouvrir la voie à l'événement culminant de la mission : le premier vol spatial en



ISRO enverra l'année prochaine un humanoïde (un robot qui ressemble à un humain) dans le vaisseau spatial Gaganyaan, a déclaré Jitendra Singh, le ministre adjoint des Sciences. Appelée **Vyommitra** (en sanscrit : "ami de l'espace") la femelle humanoïde a été dévoilée par Isro en 2019. (Image ISRO)

équipage de l'Inde, qui pourrait avoir lieu fin 2024, ou plus probablement en 2025 ; il vise à envoyer les astronautes sur une orbite de 400 km et à les ramener au bout de trois jours. Si cela réussit, l'Inde deviendra le quatrième pays à envoyer un humain dans l'espace après l'Union soviétique, les États-Unis et la Chine. Mais avant cela, l'agence spatiale Isro devait démontrer que la capsule transportant des humains pouvait rentrer chez elle en toute sécurité. Et c'est ce qu'a fait le vol appelé Flight Test Vehicle Abort Mission-1 (ou TV-D1).

Le secteur spatial indien est aussi sur le point de franchir une étape importante avec le vol inaugural de la fusée Vikram-1, développée par la startup Skyroot Aerospace, basée à Hyderabad. Cette mission, un autre signe des progrès rapides de l'Inde dans l'exploration spatiale privée, se distingue par sa structure en fibre de carbone et ses moteurs "imprimés en 3D". Le lanceur à plusieurs étages Vikram-1 est doté d'une capacité de transport de charges utiles d'environ 300 kg vers une orbite terrestre basse, et devrait renforcer le rôle de Skyroot dans l'industrie, et défier directement la fusée SSLV d'ISRO.



Vikram-1. (Image Skyroot Aerospace)

L'Inde a annoncé des projets ambitieux pour l'espace, affirmant qu'elle viserait à installer une station spatiale d'ici 2035, et à envoyer un astronaute sur la Lune d'ici 2040.

Et un tas d'événements sympas dans l'espace lointain !

Plusieurs missions scientifiques vers d'autres planètes et lunes de notre système solaire captiveront votre imagination en 2024, collectant des images et des données qui seront à l'origine de découvertes pour les nombreuses années à venir...

Si et quand, la fusée New Glenn sera lancée l'année prochaine, elle devrait emporter deux vaisseaux spatiaux

Photon, pour une mission d'étude de la magnétosphère de Mars. Appelée **EscaPADE**, la mission fait partie du programme **SIMPLEX** (Small Innovative Missions for Planetary Exploration) de la NASA, et ces explorations en orbite autour de Mars pourraient aider à expliquer pourquoi l'atmosphère martienne est si ténue.



New Glenn (Image Blue Origin)

Mission Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE)

La mission Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE), exploitée par l'Agence spatiale européenne (ESA), devrait effectuer sa première assistance gravitationnelle Terre-Lune en août 2024. Cette séquence est cruciale pour maximiser l'efficacité de cette assistance, permettant à JUICE d'atteindre la trajectoire, la vitesse et la direction correctes pour effectuer sa mission.

Bepi-Colombo près de Mercure

Le 5 septembre, la sonde Bepi-Colombo de l'Agence spatiale européenne (ESA) et de l'Agence spatiale japonaise (JAXA), qui avait été lancée en 2018, eh oui, le temps passe, effectuera son quatrième survol de Mercure, une manœuvre cruciale dans sa mission d'étude détaillée de la planète. Ce survol permettra au vaisseau spatial d'ajuster sa trajectoire et de recueillir des données précieuses, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de cette planète chaude et encore énigmatique.

MMX Mission japonaise d'exploration des lunes martiennes

La mission Martian Moons eXploration (MMX), dirigée par l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA), est une sonde spatiale robotisée dont le lancement est prévu en

septembre 2024. Son objectif principal est de collecter et de restituer les premiers échantillons de Phobos, la plus grande



Mission to travel to Mars and survey the red planet's two moons, Phobos and Deimos. The spacecraft will explore both moons and collect a sample from Phobos to bring back to Earth.

Une mission vers Mars, pour surveiller les lunes de la planète rouge : Phobos et Deimos. La sonde spatiale va explorer les deux satellites, et collecter un échantillon de Phobos pour le retourner vers la Terre. (Image Jaxa)

lune de Mars. La mission MMX est importante car elle cherche à découvrir si les lunes de Mars, Phobos et Deimos, proviennent d'astéroïdes capturés ou d'un impact massif sur Mars. Donc, encore des informations qui pourraient améliorer notre compréhension du système martien et de la formation des corps célestes dans notre Système solaire.

Mission Europa Clipper de la NASA

Prévue pour être lancée en octobre, la mission Europa Clipper de la NASA, qui vise à étudier Europe, la lune de Jupiter, à la recherche de signes potentiels de vie, entreprendra son voyage à bord d'une fusée Falcon Heavy de SpaceX. Europe est intrigante car on pense qu'elle abrite, sous sa croûte glacée, un océan souterrain qui pourrait être hospitalier à la vie. Le vaisseau spatial, construit pour résister aux rayonnements intenses de la planète géante gazeuse Jupiter, entrera sur une large orbite autour de celle-ci en 2030. Cette trajectoire lui permettra de s'approcher à plusieurs reprises d'Europe, pour collecter des données détaillées et potentiellement vitales de cette lune... pour savoir si la vie est aussi extra-terrestre.

Mission astéroïde Hera

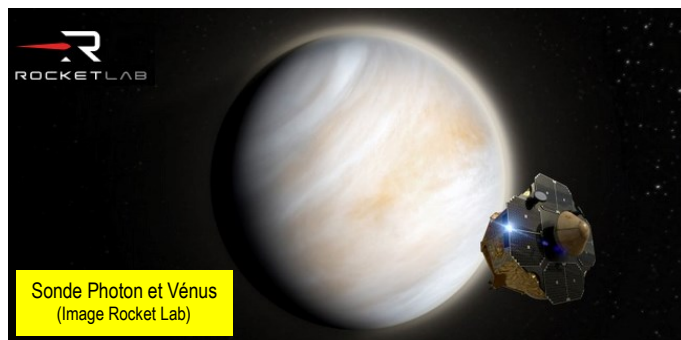
La mission Hera de l'ESA, destinée à revisiter l'astéroïde Didymos et sa lune Dimorphos, devrait décoller en octobre. Il s'agit de la phase en cours du test DART (Double Asteroid Redirection Test) de la NASA, qui vise à évaluer la faisabilité de modifier les trajectoires des astéroïdes avec des engins spatiaux, appelés "impacteurs cinétiques", qui entrent en collision directement avec ces objets. En arrivant près du système binaire en décembre 2026, Hera effectuera une inspection sur place pour évaluer les effets de l'expérience DART, qui a percuté Dimorphos le 26 septembre 2022.

Mission Venus Life Finder de Rocket Lab

La mission Venus Life Finder, une collaboration entre Rocket

Lab et Rocket Lab, vise à détecter des signes de vie sur Vénus. Les recherches suggèrent que Vénus était autrefois une planète habitable semblable à la Terre. Une étude réalisée en 2019 par l'Institut Goddard de la NASA a révélé que Vénus aurait pu avoir des océans peu profonds à la surface pendant deux à trois milliards d'années, avec des températures comprises entre 17 et 50 degrés Celsius. Il y a environ 700 millions d'années, un événement de « resurfaçage » aurait libéré du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, transformant Vénus en une planète dangereuse et inhospitalière où les températures atmosphériques atteignent plus de 500 °C. L'objectif, à l'aide d'un lanceur Electron et d'un vaisseau spatial Photon, est d'envoyer une sonde à environ 48 km d'altitude, là où les conditions atmosphériques de Vénus sont plus proches de celles trouvées sur Terre.

Lab et le MIT, est une mission privée, et par cela pionnière, vers Vénus qui sera lancée au plus tôt en décembre 2024. Cette



Sonde Photon et Vénus
(Image Rocket Lab)

mission enverra une petite sonde, équipée d'un seul instrument scientifique, pour analyser les molécules organiques et les potentiels signes de vie dans l'atmosphère de Vénus. Lancée à bord de la fusée Electron de Rocket Lab, la sonde utilisera une assistance gravitationnelle lunaire pour atteindre Vénus d'ici 2025, puis va descendre à travers la couche nuageuse potentiellement habitable, *a priori* pas par nous, de la planète.

Événements en orbite terrestre basse LEO

En 2024, il se passera aussi beaucoup de choses en orbite terrestre basse (Low Earth Orbit) avec, par exemple, les activités liées à la Station Spatiale Internationale (ISS). On a vu précédemment Starliner de Boeing mais même si ce vaisseau spatial réussit sa mission CFT, il arrive bien tard sur l'échiquier... et ne semble pas parti pour bouleverser la vie des autres grands acteurs qui, comme SpaceX, ont de grandes ambitions dans l'espace.

Mission spatiale Axiom 3 (Ax-3)

C'est une mission dont le lancement est prévu au plus tôt en janvier 2024, mais qui représente une autre étape importante pour l'entreprise et les vols spatiaux privés en général. Exploité par Axiom Space et utilisant une fusée Falcon 9 de SpaceX ainsi qu'un vaisseau spatial Crew Dragon de SpaceX également, la mission sera lancée depuis le Kennedy Space Center de la NASA en Floride. Ax-3 transportera ainsi le premier équipage [presque] entièrement européen vers l'ISS.



Équipage d'Axiom-3 : le commandant, le pilote, et les deux spécialistes de la mission.

La troisième mission commerciale de vols spatiaux habités d'Axiom Space sera la première mission commerciale d'astronautes presque entièrement européenne à être lancée vers la station spatiale, qui comprend : le **commandant de l'Ax-3 Michael López-Alegria**, double citoyen américain et espagnol, le **pilote Walter Villadei** qui est un colonel de l'armée de l'air italienne représentant l'Italie, et les **spécialistes de mission Alper Gezeravct** représentant la Turquie avec **Marcus Wandt**, astronaute du projet de l'ESA représentant la Suède.

Le commandant de l'Ax-3 Michael López-Alegria est un ancien astronaute de la NASA qui était le commandant de la mission Axiom 1, la première mission d'astronaute entièrement privée vers la Station spatiale internationale. Ici, cette première mission d'astronaute commerciale va inclure un astronaute national parrainé par l'Agence spatiale européenne (ESA) : l'astronaute du projet de l'ESA Marcus Wandt. Alper Gezeravct, spécialiste de la mission Ax-3, sera le premier astronaute turc à se lancer dans l'espace, mais la Turquie ne fait pas encore partie de l'Europe... politique et son territoire est en partie en Asie.

L'équipage de la mission AX-3, se lancera dans une mission de 14 jours axée sur la recherche pionnière en microgravité.



Axiom prévoit déjà de revenir sur l'ISS en octobre, avec la mission Axiom 4 (Ax-4), pour un autre séjour de deux semaines. Ces missions mettent en valeur le travail d'équipe croissant entre les entreprises spatiales privées et les agences spatiales gouvernementales, illustrant les changements dynamiques qui se produisent dans le domaine de l'exploration spatiale mondiale.

NB : le pilote de l'Ax-3 Walter Villadei et les spécialistes de mission Alper Gezeravct et Marcus Wandt ont tous une formation militaire approfondie et sont des opérateurs professionnels possédant une expérience en équipage de conduite dans les forces aériennes de leur pays. Ce ne sont donc pas des novices, et tous ont participé à des exercices d'entraînement chez SpaceX, la JAXA et à l'ESA en Allemagne.

La mission Artemis 2 de la NASA

La très attendue mission Artemis 2 pourrait avoir lieu dès novembre. Il s'agit de la suite d'Artemis 1 de 2022, dans lequel la méga fusée SLS de la NASA a été lancée pour la toute première fois, envoyant une capsule Orion sans équipage dans



Le futur équipage d'Artemis 2

un voyage autour de la Lune. Pour cette deuxième mission, quatre astronautes seront à bord : Reid Wiseman, Victor Glover et Christina Koch de la NASA, ainsi que l'astronaute de l'Agence spatiale canadienne Jeremy Hansen.

Ce sera la première fois depuis l'ère Apollo que des humains se rendront dans l'environnement lunaire, ouvrant la voie à Artemis 3, un atterrissage en équipage sur la surface. Pour faire décoller Artemis 2 dans les délais prévus, la fusée SLS doit être entièrement assemblée et vérifiée. De plus, la NASA étudie le bouclier thermique d'Orion pour déterminer pourquoi il a présenté des dégradations inattendues lors de la rentrée, à la fin d'Artemis 1.

Vue de la traînée de plasma lors de la rentrée d'Orion (Artemis 1).
(image vidéo NASA)

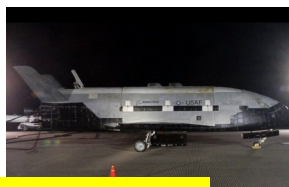


Satellites du projet Amazon Kuiper

Le projet Kuiper d'Amazon, une initiative Internet par satellite similaire à Starlink de SpaceX, démarrera sérieusement l'année prochaine. La société se prépare à démarrer la production de satellites en prévision d'un déploiement à grande échelle qui devrait démarrer début 2024, avec l'intention d'avoir suffisamment de satellites en orbite pour commencer les essais préliminaires auprès des clients au cours du second semestre 2024. D'autres concurrents sont cependant peut-être un peu plus en avance sur le « timing Jeff Bezos », nous l'avons vu.

SpaceX

En plus des projets susmentionnés impliquant SpaceX, la société spatiale dirigée par Elon Musk continuera de placer ses satellites Internet Starlink en orbite terrestre basse tout au long de l'année ; ils sont déjà plus de 5 000 à se balader là-haut grâce au cheval de bataille qu'est la fusée Falcon 9. SpaceX était sur le point de faire 100 lancements en 2023, mais le mauvais temps sur la Floride ainsi qu'un problème technique de sa fusée Falcon Heavy a décalé le planning, reportant d'ailleurs le lancement de celle-ci au 28 décembre 2023, ce qui ne laisse pas de temps aux équipes techniques pour reconfigurer le pas de tir pour les Falcon 9. Le lancement de fin décembre doit mettre en orbite à haute altitude l'avion "espion" X-37B de l'US Air Force, d'où l'usage d'une Falcon Heavy.



X-37B sur la piste à Vandenberg, après son retour de la mission OTV-1 le 3 décembre 2010.

Mais, la société continuera également à développer sa méga fusée Starship, et nous pouvons nous attendre à plusieurs missions de "démonstration" du lanceur à deux étages en 2024.

Si tout se passe bien pour SpaceX, le deuxième étage du Starship pourrait même atteindre l'orbite dans les mois à venir et tenter une rentrée. À vrai dire, il se pourrait même que l'objectif du prochain vol d'essai soit un peu modifié à la demande de la NASA pour effectuer un test de transfert de liquides cryogéniques entre réservoirs de Starship, car faire des aller-retour sur la Lune, et maintenir une base lunaire, va nécessiter des stations service en orbite. Une opération de transfert de liquides dans l'espace entre réservoirs n'est pas aussi simple qu'ici bas où la gravité, la pression atmosphérique, aident quelque peu à réaliser l'opération.

Ainsi, le programme Artemis de la NASA espère que des bottes feront à nouveau des empreintes sur la Lune, pour la première fois depuis 1972. Mais pas pour des courtes escapades « touristiques » à la manière de l'ère Apollo : l'agence spatiale souhaite envoyer des missions régulières jusqu'à la surface lunaire composées avec des équipages internationaux, où ils disposeront d'installations de vie et de travail quasi permanentes. L'objectif est de transformer la Lune en un avant-poste scientifique, ce qui nécessite une infrastructure de livraison de charge utile bien plus performante que le module lunaire Apollo (LM). La NASA a demandé à ses partenaires commerciaux de concevoir des atterrisseurs lunaires avec équipage capables de transporter des dizaines de tonnes sur la surface lunaire, SpaceX et Blue Origin ayant finalement obtenu des contrats pour construire et démontrer les capacités de leurs véhicules au cours des prochaines années.

Logiquement, plus la charge utile que vous souhaitez mettre en orbite (ou au-delà) est grande, plus la fusée dont vous avez besoin est grande. Bien sûr, il y a des limites à ce que nous pou-

vons faire en termes de science des matériaux, de technologie des moteurs et même d'économie. Ainsi, vous pouvez rapidement arriver au point où une fusée devient tout simplement trop grosse pour être pratique. Une fois que vous avez atteint ce point, vous devez commencer à chercher d'autres moyens de mettre votre masse cible en orbite. Pour des projets comme la Station spatiale internationale, cela impliquait de diviser la structure en modules plus petits, qui pouvaient être lancés individuellement et assemblés en orbite.

SpaceX et Blue Origin ont essentiellement le même problème : leurs atterrisseurs, si l'on inclut le propulseur dont ils auront besoin pour atterrir sur la Lune et redécoller, sont tout simplement trop lourds pour être lancés. Les deux sociétés développent des fusées puissantes pour sortir leurs atterrisseurs respectifs de la gravité terrestre et les placer en orbite terrestre basse, mais c'est le mieux qu'elles puissent faire. Alors, comment vont-ils amener des astronautes sur la Lune ?



Atterrisseur Blue Moon (Image Blue Origin)



Starship Notez la différence d'échelle avec les astronautes par rapport à Blue Moon (Image SpaceX)

À première vue, les deux atterrisseurs semblent avoir très peu de choses en commun. Le SpaceX Starship est une fusée élégante et imposante qui ressemble à un film de science-fiction des années 1950 ; tandis que l'atterrisseur Blue Moon utilise une conception plus conventionnelle qui rappelle un LM Apollo modernisé. Et pour la NASA, c'est sans doute une bonne chose : elle estime qu'il existe un niveau intégré de redondance opérationnelle fourni par les entreprises utilisant deux approches très différentes pour atteindre le même objectif ; si l'un des atterrisseurs était retardé ou s'avérait défectueux d'une manière ou d'une autre, le travail parallèle de l'autre société ne serait pas affecté.

Bien que les techniques diffèrent, les deux sociétés devront charger leurs atterrisseurs avec les propulseurs nécessaires pour mener à bien

les missions alors qu'elles sont déjà dans l'espace. Et dans les deux cas, l'équipage humain de l'atterrisseur ne décollerait pas de la Terre tant que le vaisseau pour la Lune n'aurait pas fait le plein en les attendant en orbite près de la Terre.

Blue Moon

Selon le plan actuel, une seule fusée New Glenn (Blue Origin) serait capable de faire décoller l'atterrisseur Blue Moon de la Terre et de l'envoyer à la station Gateway déjà en orbite lunaire. Mais une fois sur place, l'atterrisseur n'aurait pas assez de propulseur pour effectuer une descente propulsée vers la surface lunaire... et encore moins pour repartir.

Ainsi, une fois que l'atterrisseur aura atteint la Gateway lunaire, deux autres fusées New Glenn seront lancées. L'une embarquera un module de propulsion et de navigation, et l'autre un module de stockage de propulseur. Une fois en orbite, ils se connecteront les uns aux autres pour devenir ce que Blue Origin appelle le Cislunar Transporter.

À ce stade, des fusées New Glenn supplémentaires seront lancées, chacune transportant des propulseurs à charger dans le transporteur Cislunar. Une fois le transporteur rempli, il se dirigera vers la passerelle lunaire, où il pourra rencontrer l'atterrisseur et le ravitailler.

Le nombre de lancements nécessaires pour remplir le Cislunar Transporter n'est pas connu publiquement, et il est tout à fait possible que même Blue Origin ne connaisse pas le nombre exact tant que le matériel n'est pas plus mature.

Starship

Starship est unique dans le sens où il constitue en fait l'étage supérieur de sa fusée d'appoint : Superheavy. Ainsi, pour atteindre l'orbite terrestre, Starship devra dépenser la grande majorité des propulseurs dont il était chargé sur Terre. Une fois sur une orbite stable, le vaisseau spatial disposera de suffisamment de propulseur pour manœuvrer, mais ce sera loin d'être suffisant pour effectuer le voyage vers la Lune.

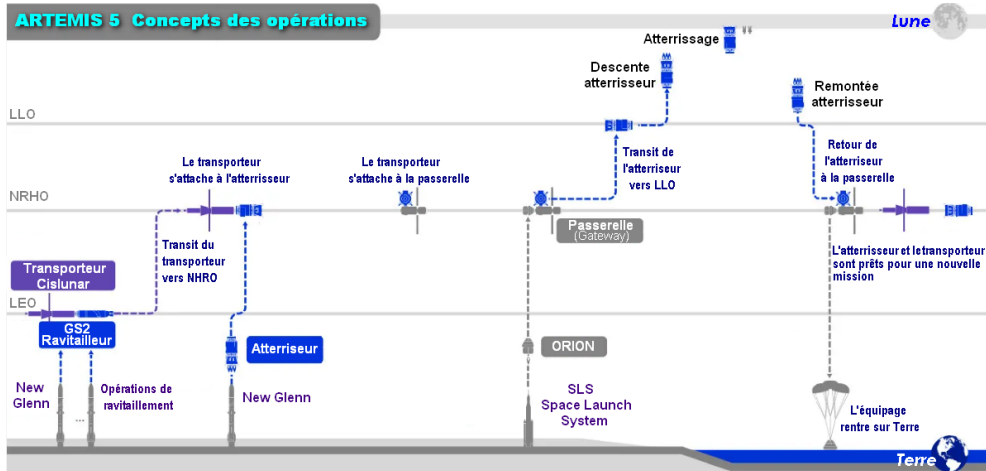
Par conséquent, pour ravitailler Starship en route vers la Lune, SpaceX lancera plusieurs versions « tanker » de ce vaisseau spatial. Ces vaisseaux-citernes seront réduits au strict nécessaire pour économiser de la masse par rapport à la version atterrisseur, ce qui signifie qu'ils pourront transporter plus de propulseurs dans le même volume. Chaque "pétrolier" réutilisable s'amarrera à l'atterrisseur et transférera autant de propulseur que possible mais en laissant une quantité suffisante à bord pour effectuer son propre atterrissage sur Terre et être ensuite réutilisé. Dans certaines versions du plan, ces pétroliers transféreront en fait leurs propulseurs dans une troisième variante "Dépôt" de Starship avant le lancement de l'atterrisseur lui-même. Même si l'ajout d'une troisième variante de Starship rendrait cette approche légèrement plus coûteuse et complexe, l'avantage est que l'atterrisseur pourrait rester au sol jusqu'à ce que le dépôt soit rempli, ce qui rend le processus de ravitaillement moins sensible aux retards qui pourraient survenir lors du lancement du Starship ravitaillier.

Comme avec l'atterrisseur Blue Moon, on ne sait pas combien de lancements seront nécessaires pour remplir complètement l'atterrisseur Starship, mais les estimations situent ce nombre entre 10 et 20. La seule manière dont ce processus de ravitaillement sera économiquement viable, voire pratique, est si les Starship "pétroliers" et les Superheavy qui les lancent peuvent être lancés rapidement et à moindre coût.

Malgré le fait que Blue Origin et SpaceX ont lié le succès de leurs atterrisseurs lunaires respectifs à la capacité de les ravitailler rapidement et en toute sécurité en orbite, il n'y a tout simplement aucun précédent pour une telle opération.

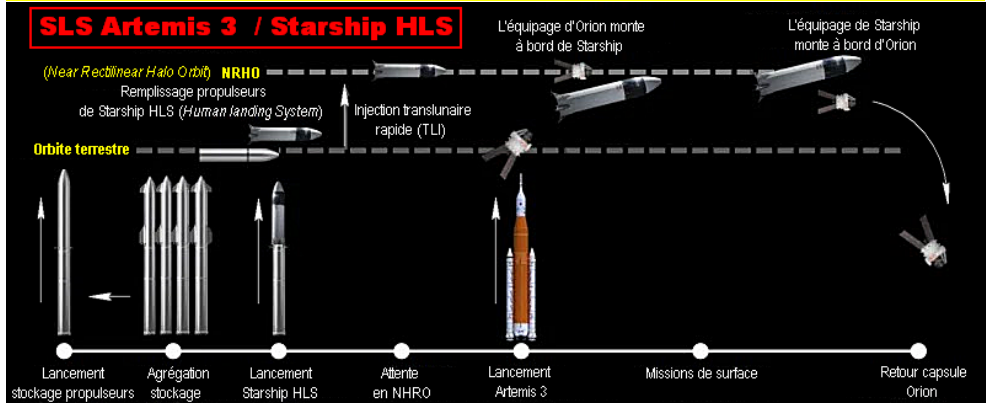
Jusqu'à présent, les études se sont concentrées sur le ravitaillement de petits satellites, à l'aide de mono ergols relativement simples comme l'hydrazine. Mais remplir les réservoirs de Starship ou de Blue Moon signifiera déplacer de manière autonome des centaines de tonnes de liquides cryogéniques (oxygène, méthane et d'hydrogène) entre les vaisseaux spatiaux. Les raccords, les pompes, la tuyauterie, les vannes et l'isolation nécessaires pour faciliter ce type de transfert de propulseur n'ont jamais été testés dans l'espace et pourraient nécessiter de nombreuses itérations pour être perfectionnés. Si Artemis veut ramener des astronautes sur la Lune, c'est un problème qui doit être

ARTEMIS 5 Concepts des opérations



Déroulement théorique d'une mission Artemis avec SLS et Orion, associée à un atterrisseur Blue Origin et New Glenn.

SLS Artemis 3 / Starship HLS



Déroulement théorique d'une mission Artemis avec SLS et Orion, associée à un atterrisseur Starship HLS de SpaceX

résolu rapidement. De son côté, la NASA's Space Technology Mission Directorate (Direction des missions de technologie spatiale) a attribué en 2020 plusieurs contrats destinés à étudier divers aspects du transfert orbital de propulseur.

- **Eta Space de Merritt Island, Floride**, 27 millions de dollars. Démonstration en vol à petite échelle d'un système complet de gestion de fluide cryogénique à oxygène. Comme proposé, le système constituera la principale charge utile d'un satellite Rocket Lab Photon et collectera des données critiques sur la gestion des fluides cryogéniques en orbite pendant neuf mois. La petite entreprise collaborera avec le Marshall Space Flight Center de la NASA à Huntsville, en Alabama, le Glenn Research Center de la NASA à Cleveland et le Kennedy Space Center de la NASA en Floride.
- **Lockheed Martin de Littleton, Colorado**, 89,7 millions de dollars. Mission de démonstration dans l'espace utilisant de l'hydrogène liquide - le plus difficile des propulseurs cryogéniques - pour tester plus d'une douzaine de technologies de gestion des fluides cryogéniques, en les positionnant pour leur « infusion » dans les futurs systèmes spatiaux. Lockheed Martin collaborera avec Marshall et Glenn.
- **SpaceX de Hawthorne, Californie**, 53,2 millions de dollars. Démonstration en vol à grande échelle pour transférer 10 tonnes de propulseur cryogénique, en particulier d'oxygène liquide, entre les réservoirs d'un véhicule Starship. SpaceX collaborera avec Glenn et Marshall.
- **United Launch Alliance (ULA) de Centennial, Colorado**, 86,2 millions de dollars. Démonstration d'un système cryogénique de propulsion intelligent, utilisant de l'oxygène liquide et de l'hydrogène, sur un étage supérieur Vulcan Centaur. Le système testera le contrôle précis de la pression des réservoirs, le transfert de réservoir à réservoir et le stockage du propulseur sur plusieurs semaines. ULA collaborera avec Marshall, Kennedy et Glenn.

Eta Space of Merritt Island, Florida, \$27 million
Small-scale flight demonstration of a complete cryogenic oxygen fluid management system. As proposed, the system will be the primary payload on a Rocket Lab Photon satellite and collect critical cryogenic fluid management data in orbit for nine months. The small business will collaborate with NASA's Marshall Space Flight Center in Huntsville, Alabama, NASA's Glenn Research Center in Cleveland, and NASA's Kennedy Space Center in Florida.

Lockheed Martin of Littleton, Colorado, \$89.7 million
In-space demonstration mission using liquid hydrogen - the most challenging of the cryogenic propellants - to test more than a dozen cryogenic fluid management technologies, positioning them for infusion into future space systems. Lockheed Martin will collaborate with Marshall and Glenn.

SpaceX of Hawthorne, California, \$53.2 million
Large-scale flight demonstration to transfer 10 metric tons of cryogenic propellant, specifically liquid oxygen, between tanks on a Starship vehicle. SpaceX will collaborate with Glenn and Marshall.

United Launch Alliance (ULA) of Centennial, Colorado, \$86.2 million
Demonstration of a smart propulsion cryogenic system, using liquid oxygen and hydrogen, on a Vulcan Centaur upper stage. The system will test precise tank pressure control, tank-to-tank transfer, and multi-week propellant storage. ULA will collaborate with Marshall, Kennedy, and Glenn.

Pas de retour sur la Lune dans un avenir proche sans transferts de propulseurs en orbite. Mais avec des milliards de dollars de contrats Artemis en jeu, SpaceX et Blue Origin seront très motivés pour surmonter cet obstacle technique dès que possible.

En attendant le feu vert de la FAA avec sa licence pour voler, SpaceX ne perd pas de temps et prépare le 3ème vol test de la fusée géante en effectuant un test de « mise à feu statique » tout récemment, le 20 décembre ; il s'agissait du prototype de l'étage supérieur de la fusée Starship connu sous le nom de SN 28, plus communément appelé Starship, sachant que le premier étage, *a priori* associé sera le Booster 10 Super Heavy.



SpaceX a diffusé sur X des images et une vidéo du test réussi d'allumage des 6 moteurs de Starship qui était solidement attaché sur son banc de test. Les deux éléments, premier et deuxième étage de la fusée géante, sont dors et déjà en place à la Starbase pour les tests avant le 3ème vol, en 2024 sans doute.



Le CNES recherche des partenaires aux U.S.

Les dirigeants de *Connect by CNES* posent avec une réplique d'un module de la Station spatiale internationale à l'Université du Colorado, à Boulder. (Image : Connect by CNES)

Une délégation de l'Agence spatiale française CNES s'est rendue mi-décembre au Colorado et au Texas pour renforcer les liens entre les entreprises aérospatiales françaises et américaines. Les responsables, qui se présentent en plaisantant comme les "Mousquetaires français du NewSpace", prévoient d'établir des hubs virtuels à Denver et Houston pour **Connect by CNES**, une initiative gouvernementale visant à stimuler l'innovation dans le domaine spatial.



François Alter
(Image CNES)

« Nous voulons créer des emplois aux États-Unis et des emplois en France », a déclaré François Alter, directeur adjoint de la stratégie du CNES. « Nous voulons être l'organisateur de mariage pour soutenir cet écosystème en pleine croissance avec des partenariats solides entre les entreprises américaines et françaises ».

La France et les États-Unis entretiennent de longue date des liens spatiaux civils et militaires, qui se sont approfondis ces dernières années. De plus, le secteur dynamique du NewSpace en France est en croissance avec en moyenne une startup créée par semaine. Le soutien du gouvernement à l'écosystème NewSpace est fort. Le plan national d'investissement France 2030 consacre 1,5 milliard d'euros à l'investissement dans les technologies spatiales sur cinq ans.

Connect by CNES a été créé en 2018 pour fournir aux startups une expertise technique, des financements, des logiciels, des incubateurs, des accélérateurs et des introductions aux maîtres d'œuvre et aux agences spatiales gouvernementales. Alors que de nombreuses startups françaises arrivent à maturité, *Connect by CNES* recherche des partenaires internationaux, à commencer par les États-Unis. Une délégation française a rencontré à Denver les 11 et 12 décembre des représentants d'entreprises du Colorado, d'agences gouvernementales et d'établissements universitaires. Cette visite permettra à quelque 30 à 40 entrepreneurs français de rencontrer des partenaires potentiels en avril lors du 39^{ème} Space Symposium de la National Space Foundation, à Colorado Springs.

Business France, avec sept bureaux aux États-Unis, aide aussi les entreprises américaines à « comprendre le marché français et à identifier les incitations du marché français et européen », a déclaré Nicolas Maubert, représentant du CNES et attaché spatial à l'ambassade de France à Washington.

Le hub de Connect by CNES à Houston sera orienté vers les vols spatiaux habités et les programmes lunaires dont Artemis.

Le hub de Denver se concentrera sur l'espace militaire, la cybersécurité, la médecine spatiale et les échanges éducatifs.

L'équipe d'Albiréoscope
vous souhaite de bonnes fêtes
et
une très bonne année 2024



SpaceX a partagé de superbes photos nocturnes de son booster Super Heavy de 71 m de haut, sur un transporteur décoré et illuminé pour les fêtes de fin d'année.

« Gateway to Mars » marque l'intention de l'entreprise SpaceX d'utiliser ses installations de Boca Chica, au Texas, pour le premier vol humain vers Mars... peut-être dans les années 2030.

C'est arrivé ce jour-là...

Décembre 1923, il y a 100 ans

Paul Couteau est un astronome français né le 31 décembre 1923. Il ne garde de ses études que de mauvais souvenirs à avoir étudié le latin, le grec et les lettres : « quatorze ans dont treize de souffrances », il ne va s'épanouir qu'en terminale avec les mathématiques. Il lit avec plaisir les ouvrages de Camille Flammarion et ceux de l'abbé Moreux. A 16 ans, son père lui offre une petite lunette de 61 mm avec laquelle il peut assouvir sa passion pour l'astronomie. Il obtient sa licence de mathématiques et de physique en 1947 et il soutient sa thèse de doctorat sur l'étude des spectres des naines blanches en 1956. En 1949 il commence à l'Institut d'astrophysique de Paris comme



Paul Couteau (1923 - 2014)

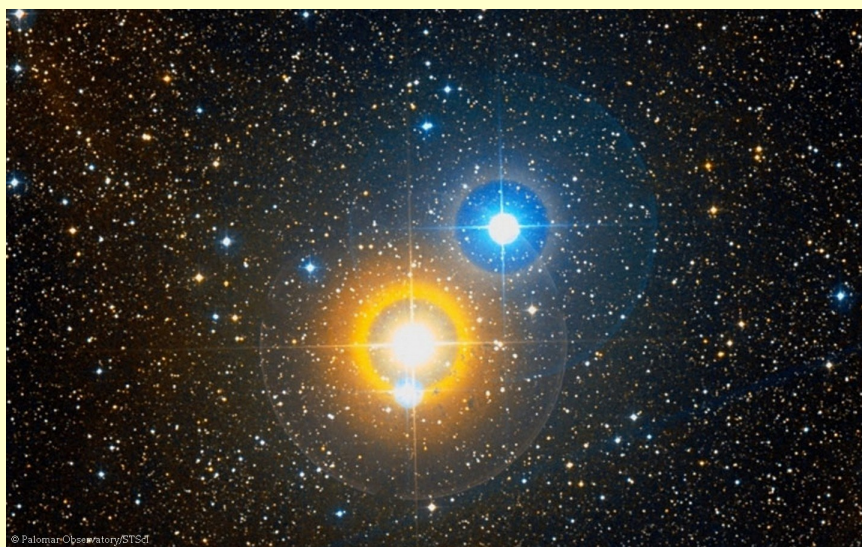


Observatoire de Nice

stagiaire. André Danjon, directeur de l'observatoire de Paris lui demande de prendre en charge le service d'étude des étoiles doubles à Nice : il y obtient un poste d'assistant en 1951. Il dirige la rénovation de la grande lunette de Nice où il est nommé astronome titulaire en 1969. La lunette a un diamètre de 76 cm et offre un grossissement maximum de 2250. Pendant 40 ans, il se consacre à l'étude des étoiles doubles. De 1951 à 1967, il effectue 12 000 mesures et découvre 150 binaires. En 1972, il crée le centre des étoiles doubles de l'observatoire de Nice. En 1978, il publie l'observation des étoiles doubles visuelles qui devient un ouvrage de référence pour tous ceux qui veulent se consacrer à cette étude. Il nous quitte en août 2014 à Nice.



*Le grand équatorial de Nice
La lunette de 76 cm*



*Les observations des étoiles doubles font de Paul Couteau le 8e astronome en nombre de découvertes. Mais il va plus loin en déterminant les masses des étoiles. En 1950, moins d'une centaine de masses étaient connues. En 2000, ce nombre est passé à plus d'un million dont 68 déterminées à partir de couples COUxxx répertoriés dans le **Washington Double Star Catalog**.*

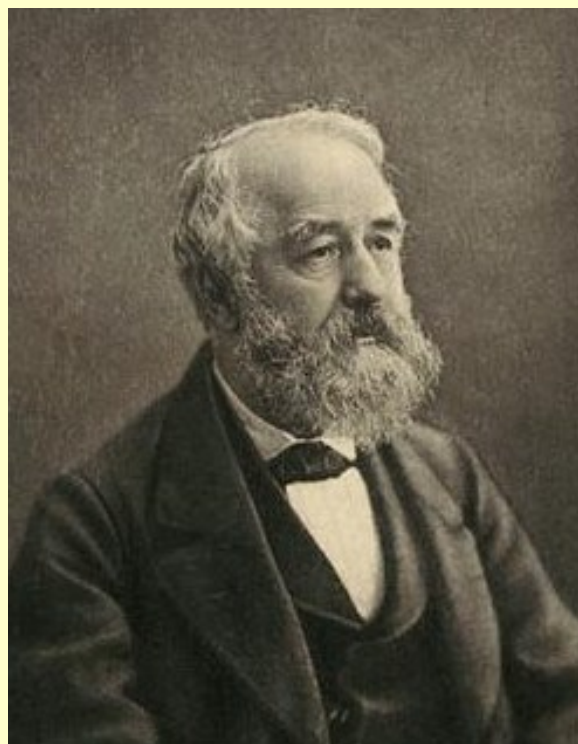
Étoile double Albiréo

Il s'agit d'une étoile double visuelle ; il n'existe pas de lien entre les 2 étoiles qui sont actuellement à 60 al l'une de l'autre et elles ont des mouvements propres complètement différents.

C'est arrivé ce jour-là...

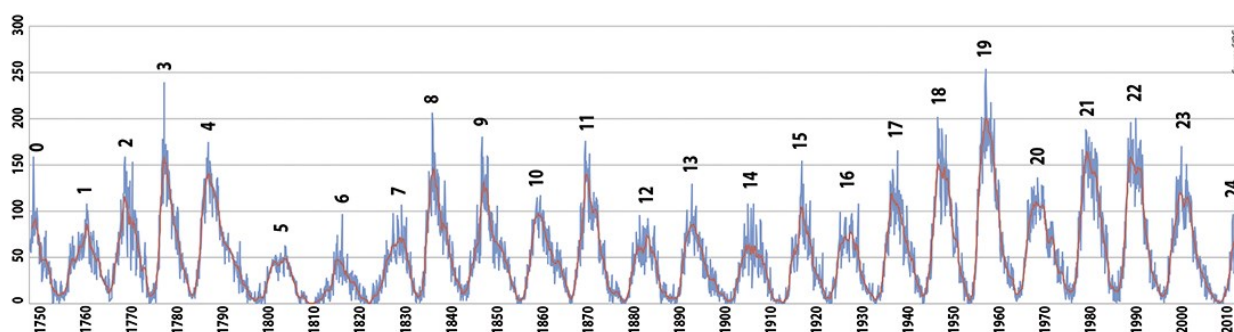
Décembre 1893, il y a 130 ans

Johann Rudolf Wolf est un astronome suisse né en juillet 1816. Il se passionne pour l'observation et l'étude du Soleil après avoir vu un groupe de taches solaires particulièrement spectaculaire en décembre 1847. Il établit une méthode pour estimer quotidiennement l'activité solaire en comptant le nombre de taches ou de groupes de taches à la surface du soleil. En remontant dans les archives jusqu'en 1610, Wolf se rend compte que l'activité solaire n'est pas constante : la quantité de taches solaires que désigne le nombre de Wolf varie et dessine une courbe. Le cycle solaire a été mis en évidence par Heinrich Schwabe mais c'est Rudolf Wolf qui calcule la période avec précision : 11,2 ans. Il avance aussi l'existence possible d'une modulation de plus longue période : 55 ans. Cette modulation pourrait éventuellement expliquer les différents minimum solaires : le minimum de Dalton à la fin du 18^{ème} siècle et le minimum de Maunder qu'on appelle le petit âge glaciaire durant le règne de Louis XIV. Wolf découvre également une relation entre le cycle solaire et l'activité magnétique terrestre, notamment les aurores polaires. Il meurt à Zurich le 6 décembre 1893, il y a 130 ans.



Rudolf Wolf (1816 - 1893)

La variation du nombre de taches solaires met en évidence un cycle de 11,2 ans. Nous sommes actuellement au maximum du cycle n°25.



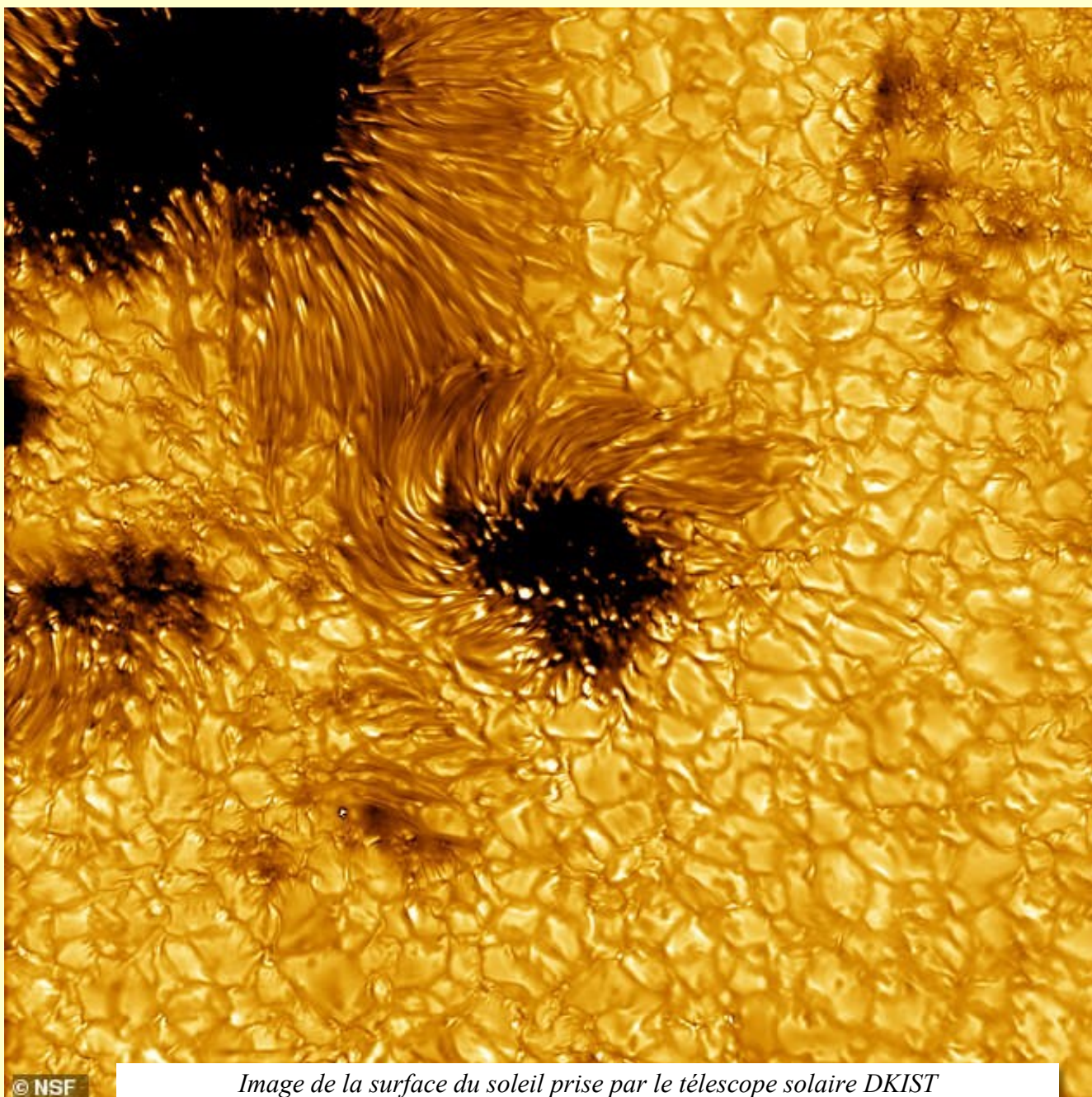
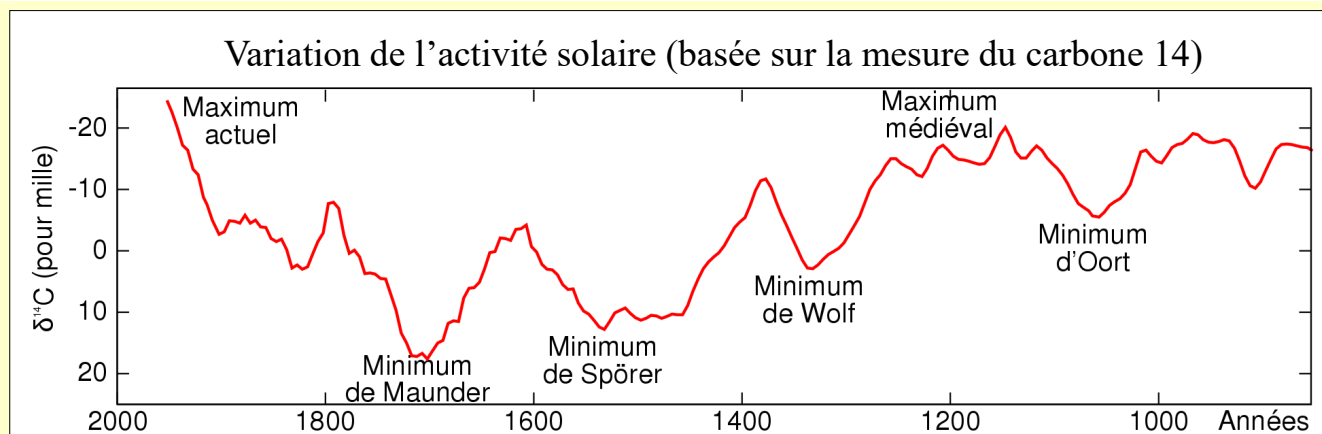


Image de la surface du soleil prise par le télescope solaire DKIST



IC2177

La nébuleuse de la mouette

Loïck

Une très belle nébuleuse aviaire...

IC2177 est une nébuleuse en émission, avec des parties par réflexion ; elle est située à 3 800 années-lumière dans le bras d'Orion de notre galaxie. Déployant un large arc nébulaire de plus 100 années-lumière, elle fait penser à un oiseau écartant ses ailes en vol ou au repos. On l'a identifiée comme une mouette, mais cela aurait pu être un autre oiseau : donnez-lui le nom que vous voudrez ! Cette nébuleuse est quatre fois plus grande que la grande nébuleuse d'Orion (M42) qui ne s'étend que sur 24 années-lumière.

Cette nébuleuse peut être observée durant l'automne et l'hiver en France ; elle est proche visuellement de l'étoile Sirius et culmine à 30° au-dessus de l'horizon. Au Chili, à l'observatoire SADR, où elle culmine presque au zénith, j'y ai effectué des prises de vues sur plusieurs nuits de janvier à avril 2022 avec la petite lunette TS de 71mm/348mm au travers des filtres SHO et RGB et une caméra QHY163M. Pour le détail des prises de vues et du traitement voir ma page Astrobin (<https://www.astrobin.com/9juihc/0/>)

... d'une richesse incroyable...

Plus de 15h de poses cumulées ont été retenues pour faire apparaître l'extraordinaire richesse de cette immense nébuleuse qui contient notamment :

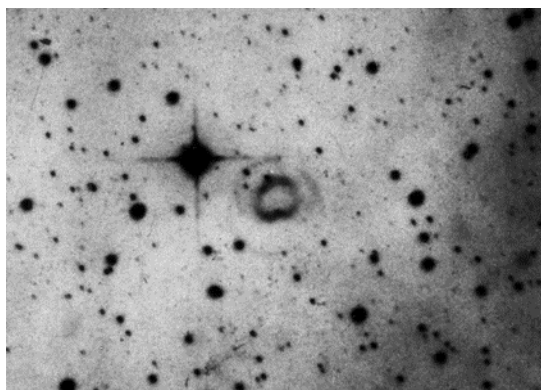
- La nébuleuse SH2-292 qui constitue la « tête » de la mouette avec la nébuleuse sombre LDN 1657 qui en dessine les contours et l'ouverture du « bec », dont les circonvolutions obscures l'alimentent en futures étoiles...

- Au centre de SH2-292, l'étoile HD53367 (HIP34116) qui est en fait un système ternaire de trois jeunes étoiles de 3 millions d'années d'âge. Sa localisation est encore approximative, mais il serait situé à 3 300 années-lumière. La plus grande étoile (HD53367A) de ce système est 12 fois plus massive que le Soleil et c'est elle, par son rayonnement ultraviolet puissant, qui ionise les nuées d'hydrogène de SH2-292 et la rend ainsi très lumineuse. Selon une récente étude¹ le compagnon binaire (HD53367B) est 5 fois plus massif que le Soleil et tourne autour de l'étoile principale en 368 jours à 2,6 fois la distance Terre-Soleil.

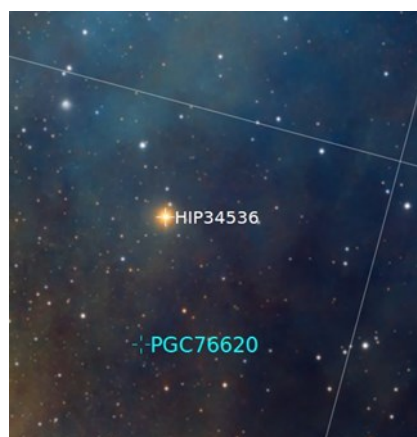
- Les amas d'étoiles NGC 2335 et NGC 2343, visibles sur le tiers gauche de la photo sont âgés respectivement de 162 et 13 millions d'années.

● En dessous de NGC 2343, on peut observer le delta de nébuleuses obscures (LBN 1034), génitrices de futures étoiles et systèmes planétaires.

● Une minuscule nébuleuse planétaire (PK225-02.1) invisible ici, mais dont une photo en noir et blanc ci-dessous en détaille les anneaux concentriques (cliché de l'observatoire astronomique d'Afrique du Sud).



● Il s'avère que cette étoile n'est pas la seule dans ce complexe nébulaire, il y en a d'autres similaires comme HD54662 (HIP34536), HD54879 (HIP34612) et HD53975 (HIP34297) dont le mouvement rapide génère également des ondes de choc, visibles subliminalement pour **HD54662 (HIP34536)** sur ma photo en comparaison de la vision infrarouge du satellite WISE... A noter que H54662 a une vitesse de fuite de 36 km/s et que l'étoile HD57682 (hors champ de mes prises de vues) fonce à 134 km/s !



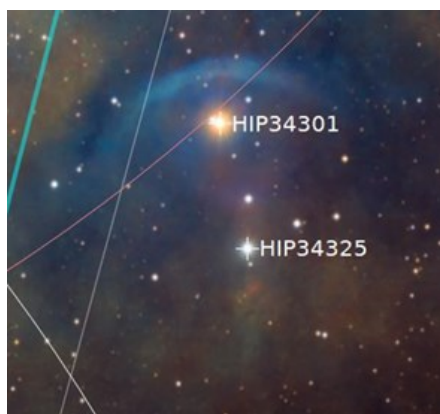
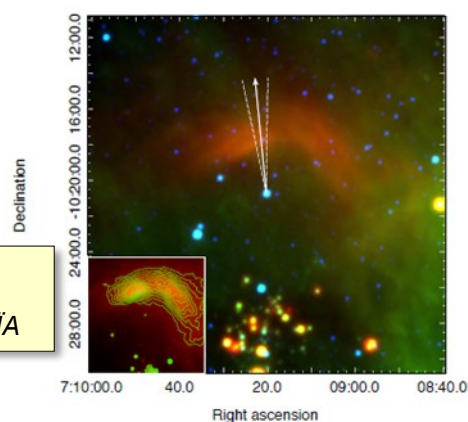
Extrait du cliché

... et dont l'origine est extraordinaire...

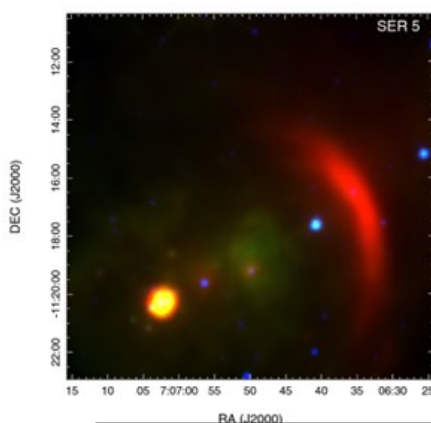
Mais le plus fascinant, à mon sens, est l'explication de l'origine de la forme en arc de cercle des ailes de la « Mouette » que j'ai trouvée dans une étude conduite sous la direction de B. Fernandes de l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP) avec d'autres astronomes de l'IAP et l'Université de São-Paulo au Brésil et publiée en 2019 (<https://arxiv.org/abs/1906.00113>) :

● Au voisinage du centre de la photo de la nébuleuse, on peut voir une zone d'onde de choc autour de l'étoile **HD53974 (HIP34301)**, qui est en réalité un système triple doté d'une vitesse propre très élevée (environ 12 km/s) et éjecté à l'issue d'un événement majeur par un effet de fronde gravitationnelle. Cela génère des ondes de choc lorsqu'elles traversent un milieu plus dense, qui forme un petit arc bleuâtre sur ma photo. Des photos, ci-dessous, des satellites WISE & Hipparcos et du sondage AAO/UKST SuperCOSMOS $H\alpha^2$ détaillent la dynamique de formation de cet arc.

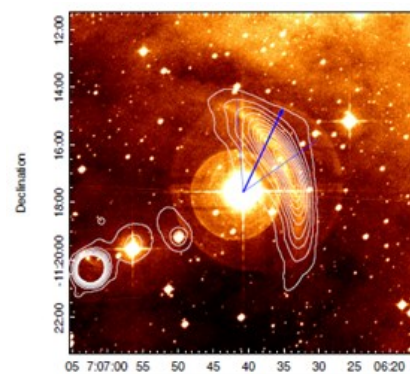
HD54662
Satellites
WISE et GAIA



Extrait du cliché

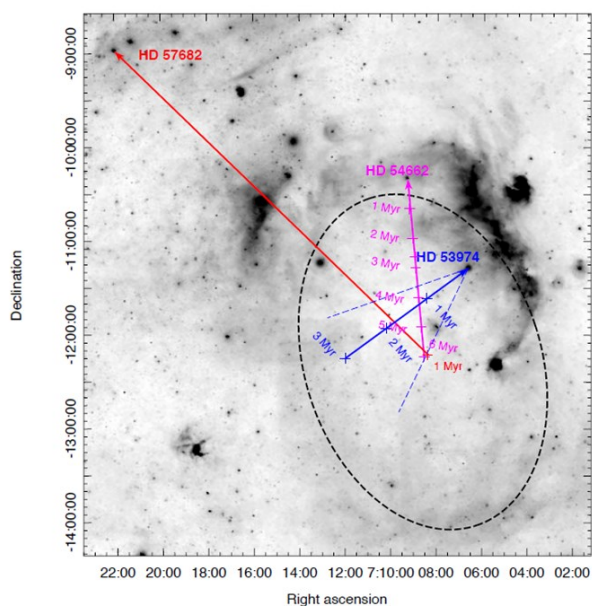


Satellite WISE



Sondage AAO/UKST
SuperCOSMOS

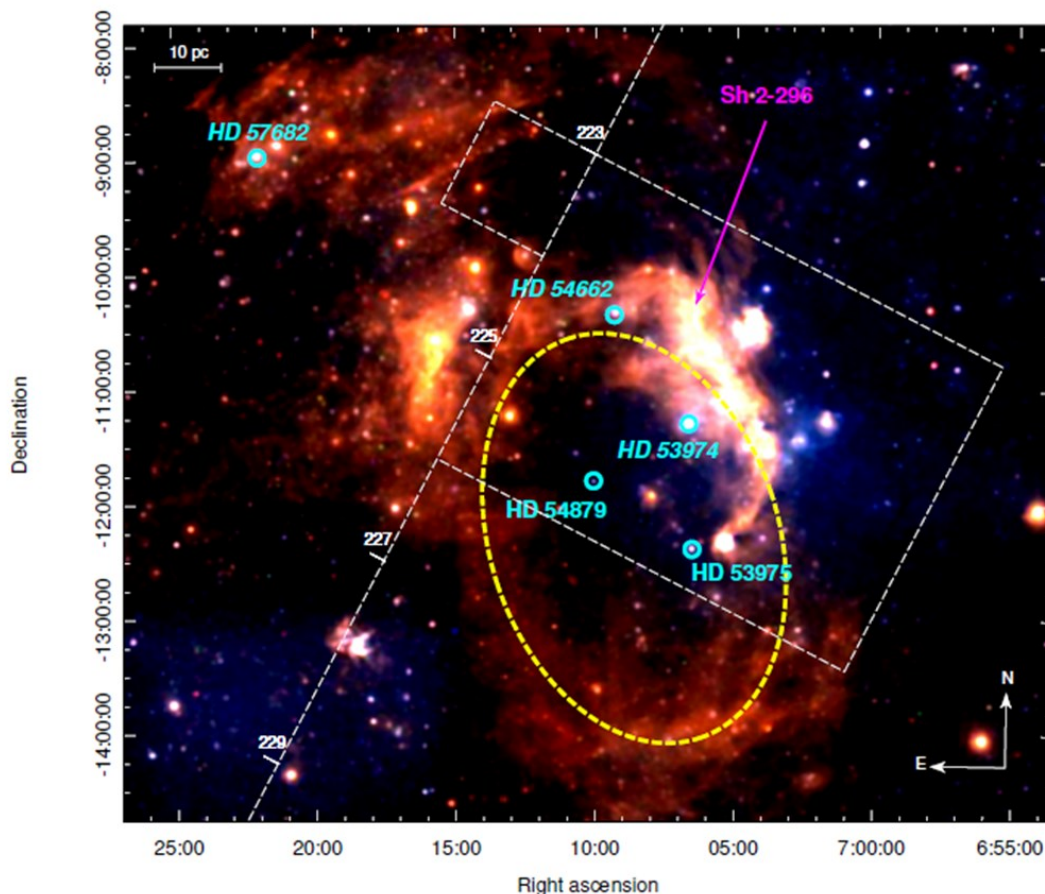
● La rétro-analyse des trajectoires des étoiles HD57682, HD53974 et HD54662, comme le montre l'image ci-dessous, suggère que ces étoiles auraient été éjectées suite à des événements majeurs au centre du complexe nébulaire IC2177 voilà 1, 2 et 6 millions d'années, respectivement...

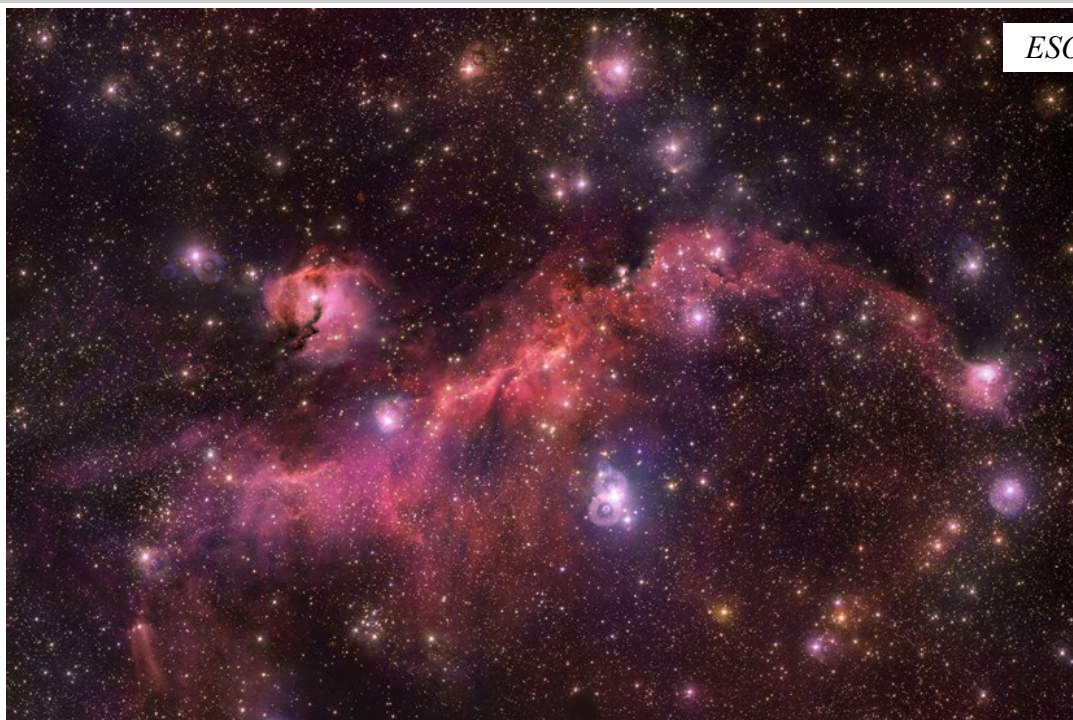


Le pourtour de l'association stellaire galactique de Canis Major OB1³ est en forme de « coquille » (cf. illustration ci-dessous) et la nébuleuse de la Mouette en est une partie remarquable. Cette forme pourrait donc résulter de trois explosions de supernovas qui ont eu lieu il y a 6, 2 et 1 millions d'années, dans un amas d'étoiles jeunes du type de celui du Trapèze dans la grande nébuleuse d'Orion. Ces explosions successives de supernovas ont non seulement éjecté des étoiles à de très grandes vitesses mais elles sont aussi la cause démontrée de la forme des arcs des ailes de la Mouette, résultat d'ondes de choc d'ampleur considérable ! Ces supernovas n'ont apparemment pas laissé de trace de rémanent ; le déploiement des ailes de la Mouette (Albatros, Cormoran, ...) en est toutefois le témoin pour notre plus grand plaisir des yeux...

Une cible de choix pour les amateurs et les professionnels...

L'ESO a publié en août 2019 une photo de la nébuleuse de la Mouette réalisée avec le télescope de sondage du VLT (VST) d'un diamètre de 2,61 m. La photo (page suivante) est apparemment « brut de décoffrage » sans traitement cosmétique. L'objectif de ce type de sondage étant d'identifier des cibles à étudier avec les autres télescopes du VLT.

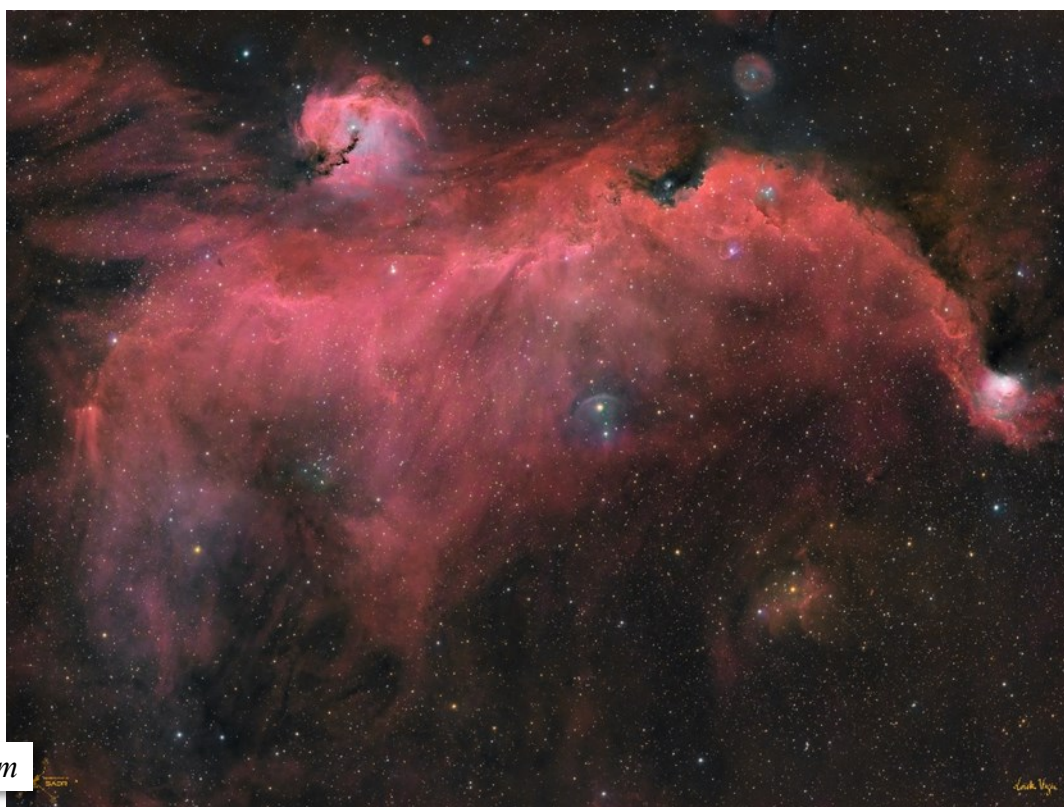




ESO, télescope de 2,61 m

Pour le fun, j'ai utilisé mes prises de vues en RGB (2h08 de poses cumulées), initialement dédiées à obtenir les bonnes couleurs du fond étoilé, pour faire un traitement H α RGB en ajoutant en luminance la couche H α (4h55 de poses cumu-

lées). Cela donne la photo ci-dessous. Il est étonnant qu'une petite lunette de 7,1cm de diamètre offre plus de détails qu'un télescope de 261cm : les amateurs ont plus de temps que les professionnels pour traiter leurs photos du ciel...



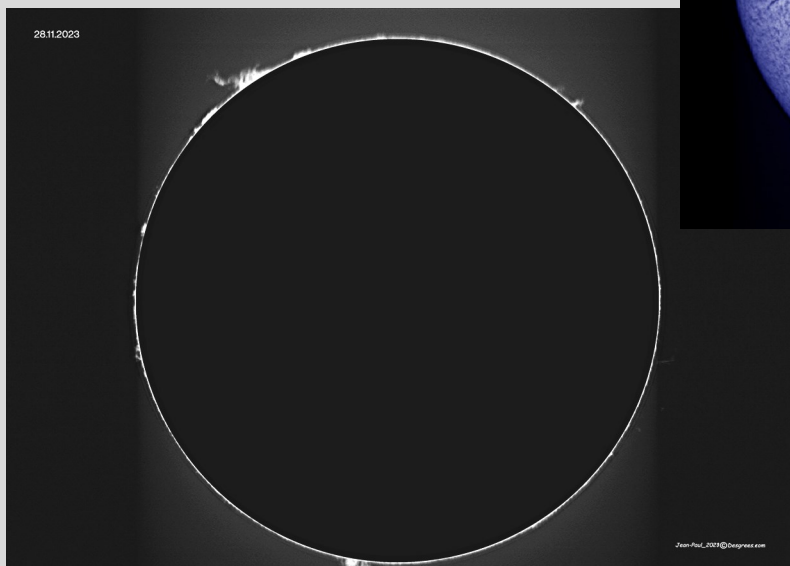
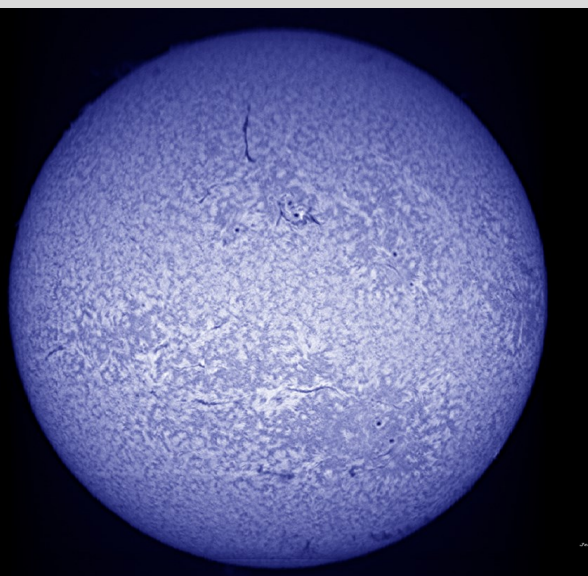
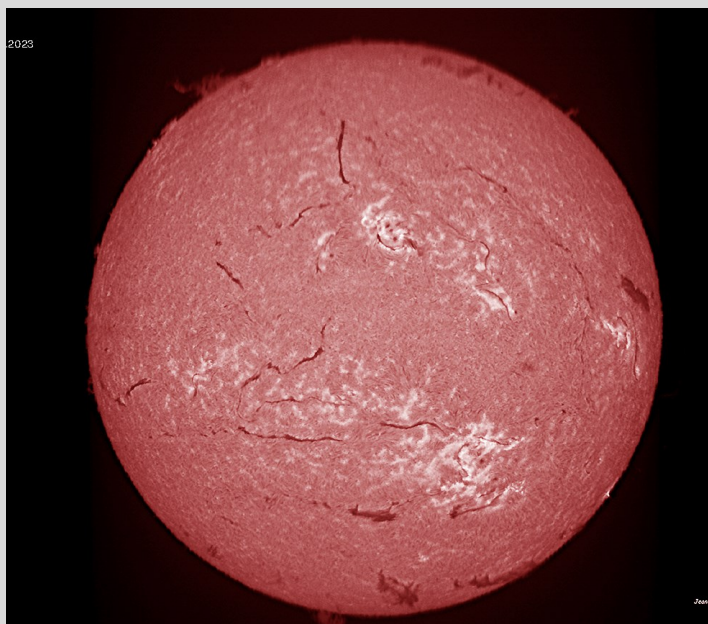
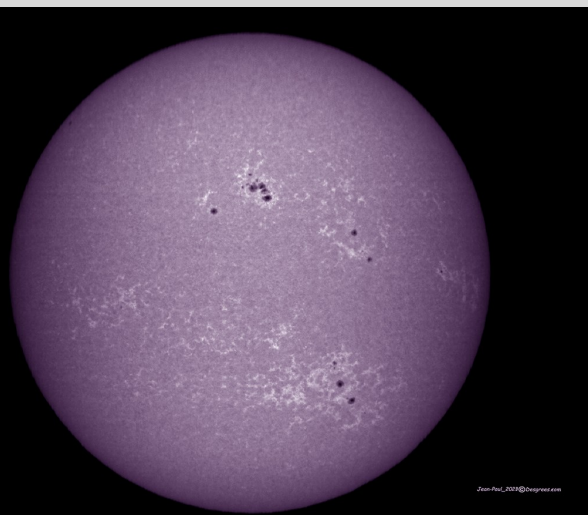
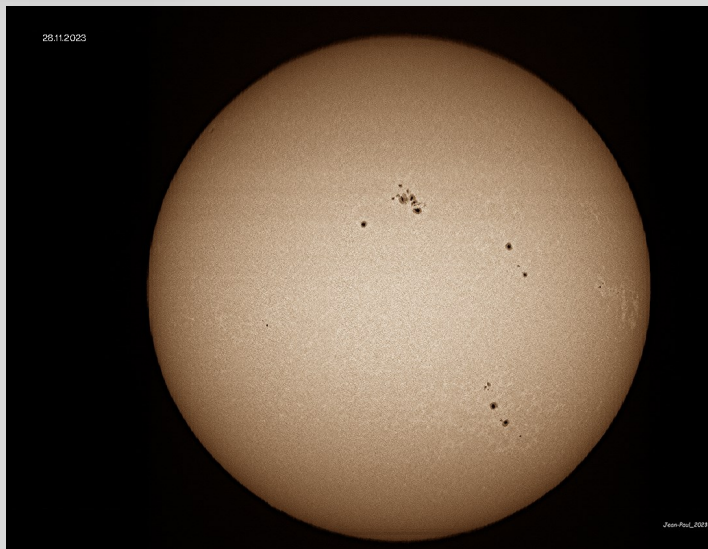
Sadr, lunette de 71 mm

1. <https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2022/09/aa43957-22/aa43957-22.html>
2. Obtenu avec le télescope Schmidt britannique (UKST) de l'Observatoire anglo-australien situé en Nouvelle-Galles du Sud en Australie
3. En abrégé CMA OB1 dans la littérature ; cette association stellaire comporte plus de 200 étoiles de type B, lesquelles ont une masse 5 à 20 fois celle du Soleil et ayant une durée de vie de 5 à 100 millions d'années, durée inverse à celle de leur masse... Rappelons que le Soleil devrait vivre au moins 10 milliards d'années...
4. <https://www.eso.org/public/france/news/eso1913/>



Galerie

Le Soleil au Sol'Ex, Jean-Paul



NGC2264, Christian

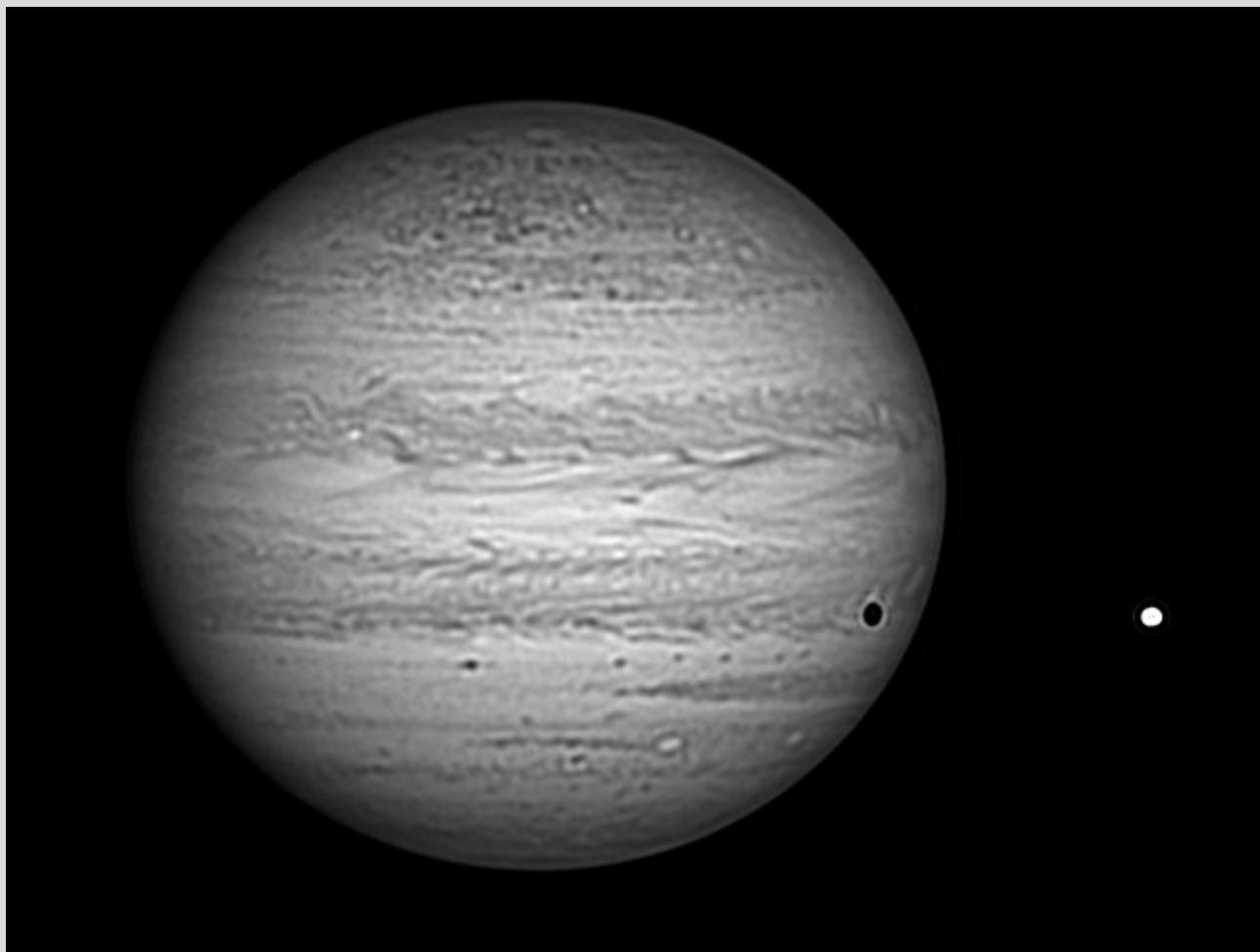


Christian Bertincoirt
Astrophotographie

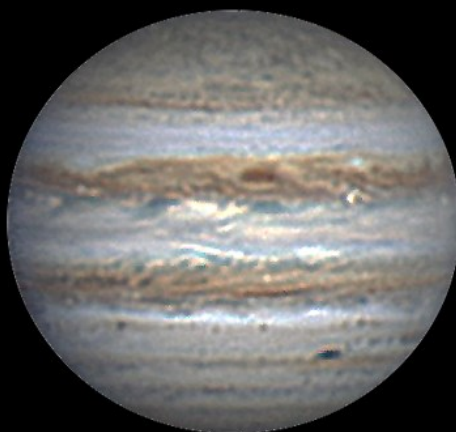


Galerie

Jupiter , Philippe



Jupiter , Jean-Paul



La nébuleuse de la tête de cheval, Christian



Christian Bonfancini
Astrophotographe

Albireo78
saison 2023-2024

★
Albireo⁷⁸



59

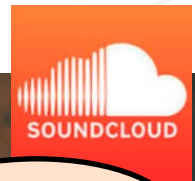
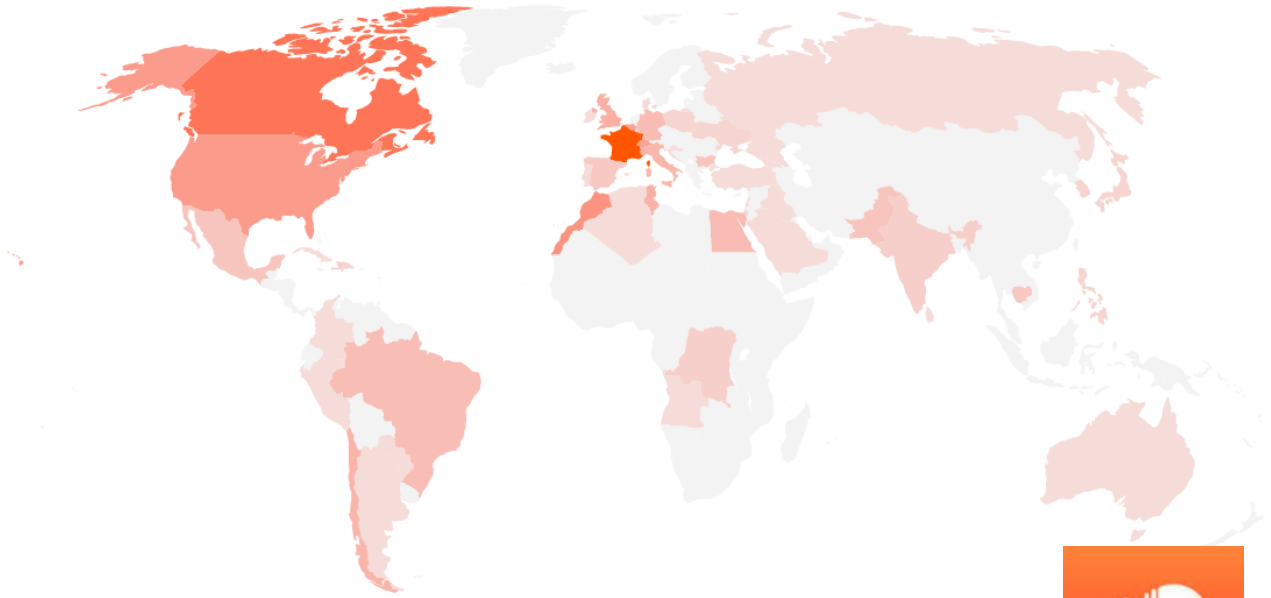
1st - LOCAL WINNER



ASTROPHOTOGRAPHY AWARDS
(Le prix du public, France)

albreo78.com

▶ 174.928 écoutes ♥ 66 mentions J'aime 💬 1 commentaire 🔁 9 republications ⬇️ 269 téléchargements



Soundcloud
311 abonnés



Facebook
824 abonnés

SADR
Notre observatoire en remote
www.sadr.fr

« **En route vers les étoiles** »
Notre émission radio
19 saisons, 197 émissions,
834 chroniques scientifiques

L'Albireoscope
39 abonnés



www.albreo78.com