

**104**

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

**Février 2023**

*Albireo*<sup>78</sup>

# L'ALBIREOSCOPE



*Robert Oppenheimer  
SpaceX et les autres...*

*Observatoire Atria*

*Arnaud*



Arnaud Peel - Astropfoto

**NGC 1232** est une galaxie située à 70 millions d'al dans la constellation de l'Eridan. Magnifique galaxie spirale vue de face, on y voit des détails jusqu'au cœur. Avec un diamètre de 145 000 al, elle est plus grande que notre Voie Lactée (100 000 al). Elle semble posséder une galaxie satellite, nommée NGC 1232A, mais il n'y a aucun lien physique entre les 2 car elle est 4 fois plus éloignée à 300 millions d'al.

## NGC 1232

**Constellation** : Eridan

**Instrument** : télescope CDK 17" (42 cm)

**Image** : LRVB, avec des poses respectives de 640 x 3 min, 30 x 6 min, 30 x 5 min, 30 x 5 min

**Total** : 40h 30

**Observatoire Atria,  
traitement Arnaud Peel**

# Sommaire

**4****Oppenheimer***Michel***13****SpaceX et les autres...***Michel***28****C'est arrivé ce jour-là...****32****Décrypter le cosmos**

M20

**36****Galerie photos**



Le jeune J. Robert Oppenheimer en avril 1945.

**68 ans après...**

**La justice répare la chute en disgrâce de J. Robert Oppenheimer**

**Le mois de décembre 2022 a remis en évidence une histoire scientifique qui a changé le monde.**

Près de 70 ans après avoir vu son habilitation de sécurité révoquée par la Commission de l'énergie atomique (AEC) en raison de soupçons d'être un espion soviétique, le physicien J. Robert Oppenheimer, du projet Manhattan, a finalement reçu une forme de justice, juste à temps pour Noël. La secrétaire américaine à l'Énergie, Jennifer M. Granholm, a publié une déclaration annulant la décision controversée qui a gravement terni la réputation du défunt physicien, déclarant qu'elle était le résultat d'un "processus défectueux" qui violait les propres règlements de l'AEC.

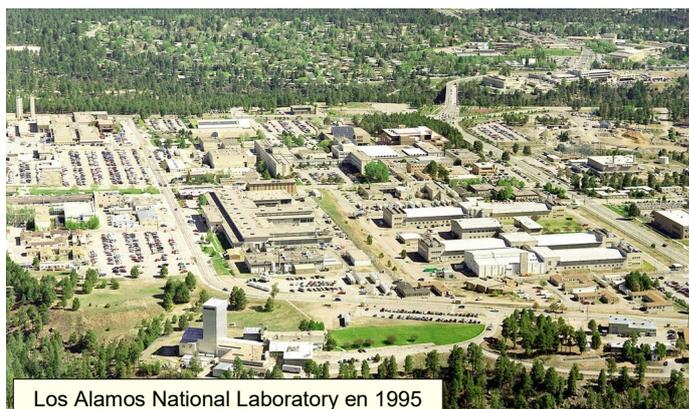


**Jennifer M. Granholm**

L'historien des sciences Alex Wellerstein du Stevens Institute of Technology a déclaré au New York Times que l'exonération était attendue depuis longtemps. « *Je suis sûr que cela ne va pas aussi loin qu'Oppenheimer et sa famille l'auraient souhaité* », a-t-il déclaré, « *Mais ça va assez loin. L'injustice faite à Oppenheimer n'est pas réparée par cela. Mais c'est bien de voir une réponse et une réconciliation même si c'est des décennies trop tard* ».

Oppenheimer est né à New York, d'immigrants juifs allemands. Il a étudié la physique avec Ernest Rutherford à Cambridge, avant d'obtenir son doctorat à l'Université de Göttingen en 1927 avec Max Born ; puis, il a finalement rejoint la faculté de l'Université de Californie à Berkeley. Lorsque le Président Franklin D. Roosevelt a approuvé le projet Manhattan et a fait appel au major général Leslie R.

Groves pour le diriger, Groves à son tour, a choisi Oppenheimer pour diriger le laboratoire d'armes secrètes à Los Alamos, au Nouveau-Mexique. Certes, Oppenheimer avait des opinions politiques de gauche et n'avait pas remporté de prix Nobel (bien qu'il ait été nommé plusieurs fois). Cependant, Groves a estimé que le physicien avait l'étendue des connaissances pour réunir des physiciens, des chimistes, des ingénieurs et des métallurgistes, entre autres disciplines, dont l'expertise serait cruciale pour le succès du projet.



**Los Alamos National Laboratory en 1995**

Et le projet Manhattan a réussi. Juste avant le lever du soleil le 16 juillet 1945, sur le champ de tir isolé d'Alamogordo, dans le désert central du Nouveau-Mexique, un prototype de bombe nucléaire surnommé "Gadget" a été hissé au sommet d'une tour de 30 mètres et a explosé. L'explosion a vaporisé la tour d'acier et produit un nuage en forme de champignon s'élevant à plus de 11 000 m.

La chaleur de l'explosion a fait fondre le sol sablonneux autour de la tour en une croûte vitreuse légèrement radioactive, maintenant connue sous le nom de "trinitite". L'onde de choc était assez puissante pour briser des vitres à 200 km. Oppenheimer a rappelé plus tard que cela lui rappelait une phrase de la Bhagavad-Gîtâ (Le chant du Seigneur - Mahabharata) :

**"Maintenant, je suis devenu la Mort, destructeur de mondes."**

L'explosion nucléaire Trinity 16 ms après la détonation.

Le point haut de l'hémisphère visible est à une hauteur d'environ 200 mètres.



Le major-général Leslie R. Groves, et J. Robert Oppenheimer examinent ce qui reste de la tour d'acier supportant la première bombe atomique lors du test près d'Alamogordo au Nouveau-Mexique, en juillet 1945. La chaleur intense de la bombe a fait fondre la tour et a brûlé les sables environnants devenus des cendres vert jade, ressemblant à du verre.

Ci-dessous : obélisque érigé en 1965 sur le site du test Trinity.



Les implications du soi-disant "Trinity Test" ne sont devenues que trop claires le 6 août 1945, lorsqu'une bombe à fission déclenchée par une arme à feu surnommée "Little Boy" est tombée sur Hiroshima, tuant sur le coup 70 000 personnes. Trois jours plus tard, "Fat Man" est largué sur Nagasaki, faisant encore 45 000 victimes humaines. Les États-Unis ont gagné la guerre, mais à un prix horrible. Hélas, la guerre ne fait pas souvent de cadeau, et on ne parle plus beaucoup des victimes, aussi nombreuses, des bombardements de Nuremberg par les alliés avec des bombes incendiaires au phosphore, qui ne devaient pas être plus agréables à recevoir sur la tête...

Mais, grâce aux militaires, l'énergie atomique sera pour toujours synonyme de « mort »...

Les physiciens sont devenus des héros nationaux et Oppenheimer est devenu président de l'AEC (Commission de l'énergie atomique). Mais les soupçons sur ses liens communistes se sont renforcés, culminant avec les tristement célèbres audiences de sécurité de 1954 pour déterminer s'il était coupable de trahison.

C'était au début de l'ère McCarthy, avec son accent paranoïaque sur l'éradication des « subversifs ». En tant que Président du sous-comité des enquêtes du Sénat, le sénateur Joseph McCarthy a dévoilé une nouvelle politique en vertu de laquelle un employé du gouvernement devait non seulement être jugé « loyal », mais ses antécédents devaient être « clairement compatibles avec les intérêts de la sécurité nationale ».

Oppenheimer avait plusieurs connaissances communistes datant des années 1930, dont sa maîtresse, Jean Tatlock, qui se suicida en janvier 1944 et, sous la pression lors d'une enquête en 1942, avait même impliqué certains de ses amis comme agents soviétiques. Il a admis plus tard que le témoignage avait été un « tissu de mensonges ». En fait, Oppenheimer était la seule personne à avoir été approchée par Haakon Chevalier, professeur de littérature française à Berkeley, lors d'un dîner privé chez Oppenheimer. À l'époque, Groves intercédait en faveur d'Oppenheimer, le jugeant « absolument essentiel » au succès du projet Manhattan. "L'incident Chevalier" a été cité comme preuve contre lui lors des audiences de 1954. Même, l'opposition affirmée d'Oppenheimer à la bombe à hydrogène n'a pas fait grand-chose pour dissiper les soupçons.

Au cours des audiences, Edward Teller (qui s'était opposé à Oppenheimer au sujet du développement de la bombe à hydrogène) a témoigné contre son ancien collègue, déclarant à la commission : « *Je préférerais voir les intérêts vitaux de ce pays entre des mains que je comprends mieux et donc en qui j'ai plus confiance* ». De nombreux scientifiques ont estimé qu'il s'agissait d'une trahison impardonnable d'un collègue et ont ostracisé Teller de leurs rangs. Oppenheimer lui-même a nié être membre du Parti communiste, mais a admis être un « *compagnon de route* », en ce sens qu'il était d'accord avec bon nombre de ses objectifs.

L'AEC a déclaré Oppenheimer innocent de trahison, mais a jugé qu'il n'était « *pas fiable ou digne de confiance* » et qu'il ne devrait donc pas avoir accès aux secrets militaires. Son habilitation de sécurité a été révoquée en raison de « *défauts fondamentaux de caractère* » et pour les associations communistes « *bien au-delà des limites tolérables de prudence et de retenue* » attendues de ceux qui occupent de hautes fonctions gouvernementales.



9 août 1945  
Nagasaki



Hiroshima, Atomic Bomb Dome (avril 2019)



H. Maass

L'avocat H. Maass, Président du Conseil d'administration de l'Institute of Advanced Study de Princeton, s'adressait aux journalistes le 13 avril 1954, avant les audiences : « *J'espère et je pense qu'il sera innocent* ».

La seule opinion dissidente parmi les membres de l'AEC est venue du commissaire Henry DeWolf Smyth, qui n'a trouvé aucune preuve qu'Oppenheimer ait jamais divulgué des informations secrètes pendant près de 11 ans de surveillance

constante. Smyth, professeur de physique à l'Université de Princeton, a estimé que les accusations contre Oppenheimer étaient complétées par « *l'aide enthousiaste de puissants ennemis personnels* », et a conclu que, loin d'être un subversif communiste, le physicien était « *un être humain capable et imaginatif, avec des capacités normales, ses faiblesses et les défauts humains* ». Albert Einstein et 25 collègues de Princeton ont rejoint la Fédération des scientifiques américains pour protester contre la décision de l'AEC.

Mais le mal était fait... Oppenheimer n'a pas perdu son poste d'après-guerre à l'Institute for Advanced Study de Princeton, mais il était en « exil universitaire » de son ancienne carrière de premier plan dans le gouvernement et la politique scientifique. Selon de nombreux témoignages, il était un homme brisé après les audiences, même s'il avait encore assez de feu pour s'opposer vigoureusement à une pièce de théâtre de 1964 dramatisant les audiences : « *Cette putain de chose était une farce et ces gens essaient d'en faire une tragédie* ».

Une réhabilitation partielle de sa réputation a commencé en 1963, lorsque Oppenheimer a été choisi comme récipiendaire du prix Enrico Fermi, nommé par nul autre que... Teller. (Le président John F. Kennedy était censé remettre le prix mais a été assassiné cette année-là ; son successeur, Lyndon B. Johnson, l'a remis à sa place). Oppenheimer va décéder d'un cancer en 1967.



Le président américain Lyndon B. Johnson présente le prix Enrico Fermi à J. Robert Oppenheimer à la Maison Blanche, le 2 décembre 1963. Neuf ans plus tôt, Oppenheimer avait été déchu de son habilitation de sécurité.

La déclaration de la Secrétaire Jennifer Granholm est donc une évolution bienvenue, bien qu'avec 68 ans de retard :

Le Dr J. Robert Oppenheimer occupe un rôle central dans notre histoire en dirigeant les efforts atomiques du pays pendant la Seconde Guerre mondiale et en semant les graines des laboratoires nationaux du ministère de l'Énergie, les bijoux de la couronne de l'écosystème américain de recherche et d'innovation. En 1954, la Commission de l'énergie atomique a révoqué l'habilitation de sécurité du Dr Oppenheimer par le biais d'un processus défectueux qui violait les propres règlements de la Commission. Au fil du temps, de plus en plus de preuves ont été révélées de la partialité et de l'injustice du processus auquel le Dr Oppenheimer a été soumis, tandis que les preuves de sa loyauté et de son amour du pays n'ont fait que s'affirmer. La Commission de l'énergie atomique a même sélectionné le Dr Oppenheimer en 1963 pour son prestigieux prix Enrico Fermi, citant son "leadership scientifique et administratif non seulement dans le développement de la bombe atomique, mais aussi dans l'établissement des bases pour les nombreuses applications pacifiques de l'énergie atomique". Le ministère de l'Énergie a déjà reconnu J. Robert Oppenheimer d'autres manières, notamment la création du programme de leadership scientifique et énergétique d'Oppenheimer en 2017 pour aider les scientifiques et ingénieurs en début et en milieu de carrière à continuer l'héritage de la science au service de la société. En tant qu'organisme successeur de la Commission de l'énergie atomique, le ministère de l'Énergie s'est vu confier la responsabilité de corriger les archives historiques et d'honorer les profondes contributions du Dr Oppenheimer à notre défense nationale et à l'entreprise scientifique dans son ensemble. Aujourd'hui, je suis heureuse d'annoncer que le ministère de l'Énergie a annulé la décision de 1954 de la Commission de l'énergie atomique dans l'affaire J. Robert Oppenheimer.



The Secretary of Energy  
Washington, DC 20585

December 16, 2022

SECRETARIAL ORDER

FROM: JENNIFER M. GRANHOLM   
SUBJECT: VACATING 1954 ATOMIC ENERGY COMMISSION DECISION: *IN THE MATTER OF J. ROBERT OPPENHEIMER*

BACKGROUND

In June 1954 the Atomic Energy Commission (AEC) revoked Dr. J. Robert Oppenheimer's security clearance. Over the prior decade, Dr. Oppenheimer had served as Director of the Los Alamos National Laboratory and as Chairman of the General Advisory Committee to the AEC. In his years of public service, Dr. Oppenheimer had perhaps more access to information about U.S. nuclear weapons programs than any other individual in the government. And yet, in reaching its decision on his clearance, the AEC did not claim that Dr. Oppenheimer had ever divulged or mishandled classified information. Nor did it question his loyalty to the United States. Rather, the AEC based its decision on the conclusion that there were "fundamental defects" in Dr. Oppenheimer's character.

CONCLUSION

The question of whether Dr. Oppenheimer, or any other individual of that time, ought to have been eligible for access to restricted data is not one that this Department can or should attempt to answer seventy years later. Security clearance adjudication proceedings necessarily depend on sensitive judgments regarding the credibility of oral testimony and other evidence best evaluated within its own context. Therefore, we will not reconsider the substantive merits of *In the Matter of J. Robert Oppenheimer*.

Nevertheless, even with the passage of time, we can say with confidence that, in conducting the *Oppenheimer* proceeding, the AEC failed to follow its own rules. We can also conclude that these failures were material to the fairness of the proceeding. There can be no doubt that allowing

Pursuant to the authority vested in the Secretary of Energy to carry out the functions of the Atomic Energy Commission, I hereby order that the decision rendered on June 29, 1954, *In The Matter of J. Robert Oppenheimer* be vacated.

\* \* \*

When Dr. Oppenheimer died in 1967, Senator J. William Fulbright took to the Senate floor and said "Let us remember not only what his special genius did for us; let us also remember what we did to him." Today we remember how the United States government treated a man who served it with the highest distinction. We remember that political motives have no proper place in matters of personnel security. And we remember that living up to our ideals requires unerring attention to the fair and consistent application of our laws.

Jennifer M. Granholm

Conformément aux pouvoirs conférés au secrétaire à l'énergie pour exercer les fonctions de la Commission de l'énergie atomique, j'ordonne par la présente que la décision rendue le 29 juin 1954, dans l'affaire J. Robert Oppenheimer, soit annulée.

\* \* \*

Lorsque le Dr Oppenheimer est décédé en 1967, le sénateur J. William Fulbright a pris la parole au Sénat et a déclaré : « Souvenons-nous non seulement de ce que son génie particulier a fait pour nous ; souvenons-nous aussi de ce que nous lui avons fait. Aujourd'hui, nous nous souvenons de la façon dont le gouvernement des États-Unis a traité un homme qui l'a servi avec la plus haute distinction. Nous rappelons que les motivations politiques n'ont pas leur place en matière de sécurité du personnel. Et nous nous souvenons que la réalisation de nos idéaux nécessite une attention inflexible à l'application juste et cohérente de nos lois.

Célèbre pour avoir été le « père » de la bombe atomique, Oppenheimer a cependant fait d'importantes recherches en astronomie théorique (en particulier en ce qui concerne la relativité générale et la théorie nucléaire) ; Oppenheimer a également apporté d'importantes contributions à la théorie des gerbes de rayons cosmiques et a commencé des travaux qui ont finalement conduit à des descriptions de l'effet tunnel quantique. À la fin des années 1930, Oppenheimer s'est intéressé à l'astrophysique, probablement grâce à son amitié avec Richard Tolman, ce qui a donné lieu à une série d'articles. Dans le premier d'entre eux, un article de 1938 co-écrit avec Robert Serber intitulé "Sur la stabilité des noyaux de neutrons stellaires", Oppenheimer a exploré les propriétés des naines blanches. Cela a été suivi d'un article co-écrit avec l'un de ses étudiants, George Volkoff, "On Massive Neutron Cores", dans lequel ils ont démontré qu'il y avait une limite, la soi-disant limite de Tolman-Oppenheimer-Volkoff, à la masse des étoiles au-delà de laquelle elles ne resteraient pas stables en tant qu'étoiles à neutrons et subiraient un effondrement gravitationnel. Enfin, en 1939, Oppenheimer et un autre de ses étudiants, Hartland Snyder, ont produit l'article "On Continued Gravitational Contraction", qui prédisait l'existence de ce que l'on appelle aujourd'hui les trous noirs. Après l'article d'approximation de Born-Oppenheimer, ces articles restent les plus cités et ont été des facteurs clés du rajeunissement de la recherche astrophysique aux États-Unis dans les années 1950, principalement par John A. Wheeler.

Les articles d'Oppenheimer étaient considérés comme difficiles à comprendre, même selon les normes des sujets abstraits dans lesquels il était expert. Il aimait utiliser des techniques mathématiques élégantes, bien qu'extrêmement complexes, pour démontrer des principes physiques, bien qu'il ait parfois été critiqué pour avoir fait des erreurs mathématiques, vraisemblablement par sa hâte d'en terminer. « *Sa physique était bonne* », a déclaré son élève Snyder, « *mais son arithmétique était horrible* ».



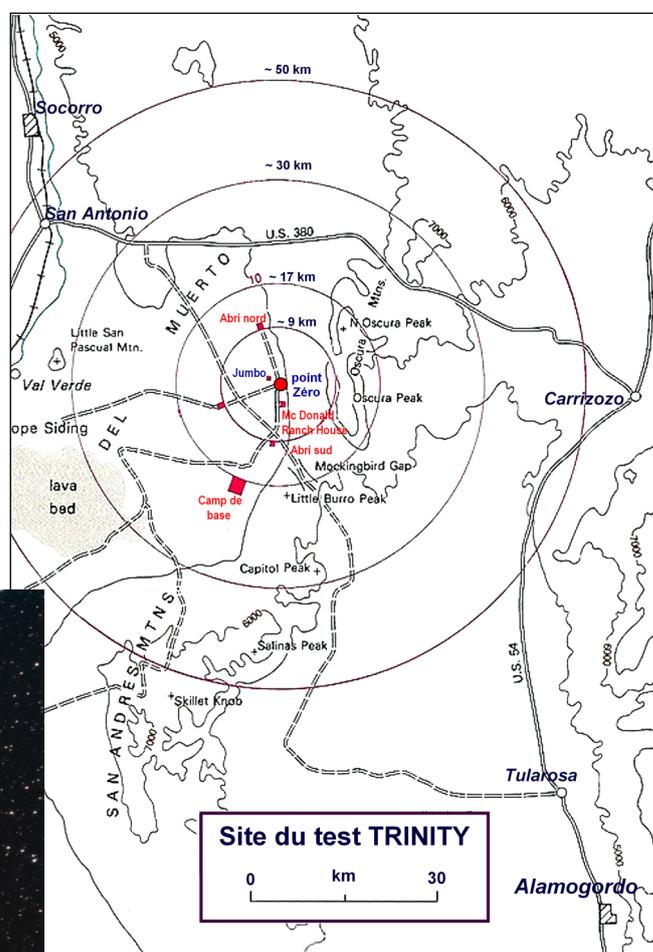
NB : la compréhension de la fin de vie des grosses étoiles en supernova, une explosion titanesque, doit beaucoup aux explosions des bombes atomiques que les physiciens ont étudié mathématiquement et simulé sur ordinateur pour connaître leur développement et leur évolution dans l'espace ; ainsi, la dimension de la nébuleuse du Crabe (M1) conforte la théorie et permet de confirmer sa « naissance » vers 1054, comme les astronomes chinois de la dynastie Song l'ont observée.

Image Albiréo78 : M1 par Julien (nov. 2016)

# TRINITY

**Trinity** était le nom de code donné par Oppenheimer au test de la première bombe atomique.

Cet essai fut mené par l'armée américaine à 5h29, le matin du 16 juillet 1945, dans le cadre du projet Manhattan. C'était dans le désert de Jornada del Muerto, au Nouveau-Mexique ; un site déjà occupé par l'armée comme champ de tir et de bombardement d'Alamogordo de l'USAAF (United States Army Air Force), aujourd'hui devenu champ de tir de White Sands.



Le test portait sur un dispositif au plutonium conçu pour l'implosion, officieusement surnommé « The Gadget », de la même conception que la bombe *Fat Man* qui a explosé plus tard au-dessus de la ville japonaise de Nagasaki. La complexité de la conception a nécessité un effort majeur de la part du laboratoire de Los Alamos, et les inquiétudes quant à savoir si cela fonctionnerait ont conduit à la décision de procéder à ce premier essai nucléaire. Le test a été planifié et réalisé par Kenneth Bainbridge.

La crainte d'un raté de la détonation a conduit à la construction d'un récipient de confinement en acier appelé Jumbo qui pouvait contenir le plutonium, permettant de le récupérer, car le plutonium était encore difficile à obtenir, et donc précieux... très précieux.

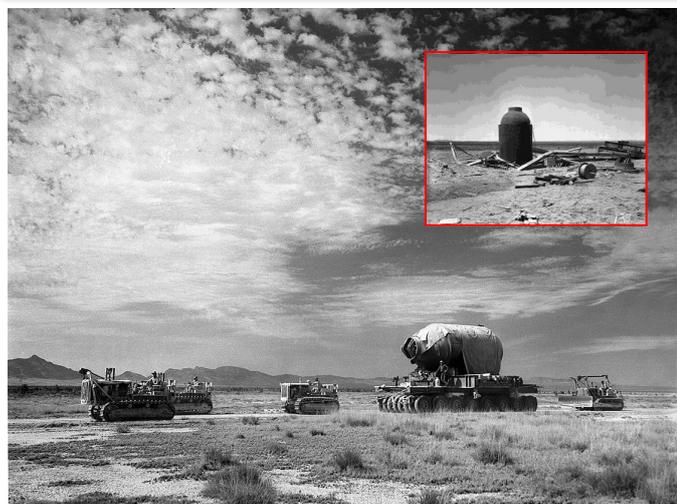
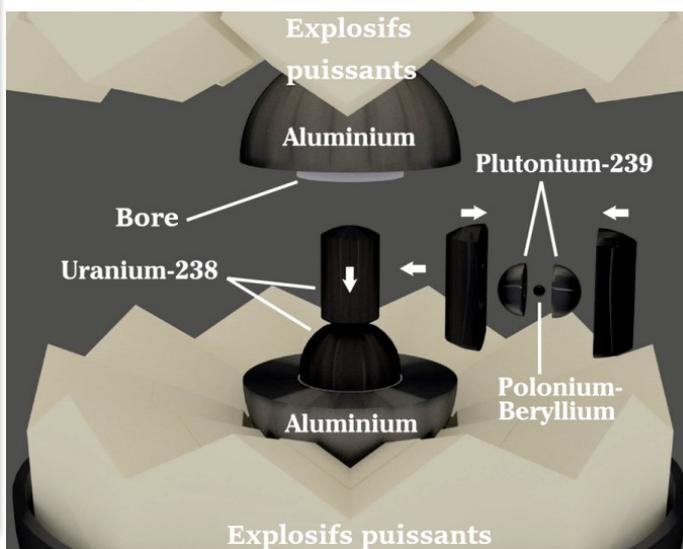
La création d'armes nucléaires est née des développements scientifiques et politiques des années 1930. La décennie a vu de nombreuses nouvelles découvertes sur la nature des atomes, y compris l'existence de la fission nucléaire. La montée simultanée de gouvernements fascistes en Europe a fait craindre un projet d'arme nucléaire allemand, en particulier parmi les scientifiques réfugiés de l'Allemagne nazie et d'autres pays fascistes. Lorsque leurs calculs ont montré que les armes nucléaires étaient théoriquement réalisables, les gouvernements britannique et américain ont soutenu un effort total pour les construire.

La production des isotopes fissiles d'uranium-235 et de plutonium-239 était une entreprise énorme compte tenu de la technologie des années 1940 et représentait 80 % des coûts totaux du projet. L'enrichissement de l'uranium a été effectué aux Clinton Engineer Works près d'Oak Ridge (Tennessee).

NB : théoriquement, l'enrichissement de l'uranium était possible grâce à des techniques préexistantes, mais cela était difficile à industrialiser et extrêmement coûteux. Seulement 0,72 % de l'uranium naturel est de l'uranium-235 fissile, et on a estimé qu'il faudrait 27 000 ans pour produire un gramme d'uranium avec des spectromètres de masse, alors qu'il en fallait des kilogrammes...

Le plutonium est un élément synthétique aux propriétés physiques, chimiques et métallurgiques complexes. On ne le trouve pas dans la nature en quantité appréciable. Jusqu'à la mi-1944, le seul plutonium qui avait été isolé avait été produit dans des cyclotrons, et en quantité s'exprimant en microgrammes. En avril 1944, le physicien Emilio Segrè, chef du groupe P-5 (radioactivité) du laboratoire de Los Alamos, a reçu le premier échantillon de plutonium produit par un réacteur au graphite X-10 à Oak Ridge. Il a découvert qu'en plus du plutonium-239, il contenait également des quantités importantes de plutonium-240, bien moins intéressant. Le projet Manhattan a produit du plutonium dans des réacteurs nucléaires à Hanford Engineer Works près de Hanford (Washington). Si le plutonium est resté irradié longtemps à l'intérieur d'un réacteur, ce qui est nécessaire pour obtenir des rendements élevés du métal, plus la teneur en isotope plutonium-240 sera élevée, mais celui-ci subit une fission spontanée à des milliers de fois le taux du plutonium-239. Les neutrons supplémentaires libérés par cette fission signifiaient qu'il y avait une probabilité inacceptable que le plutonium utilisé dans l'arme explose trop tôt, dès la formation d'une masse critique, produisant un "pétitement", une explosion nucléaire bien plus petite qu'une explosion complète souhaitée. Cela signifiait que la conception de la bombe *Thin Man* que le laboratoire avait développée ne fonctionnerait pas correctement.

Le Laboratoire s'est tourné vers une conception alternative, bien que techniquement plus difficile : une arme nucléaire de type implosion. En septembre 1943, le mathématicien John von Neumann avait proposé une conception dans laquelle un noyau fissile serait entouré de deux explosifs puissants différents qui produisaient des ondes de choc de vitesses différentes. L'alternance des explosifs à combustion plus rapide et plus lente dans une configuration soigneusement calculée produirait une onde de compression lors de leur détonation simultanée. Cette soi-disant "lentille explosive" focalisait les ondes de choc vers l'intérieur avec suffisamment de force pour comprimer rapidement le noyau de plutonium à plusieurs fois sa densité d'origine. Cela réduit la taille d'une masse critique, la rendant supercritique. Il a également activé une petite source de neutrons au centre du cœur, l'initiateur, qui a assuré que la réaction en chaîne commençait sérieusement au bon moment. Un processus aussi compliqué nécessitait des recherches et des expérimentations en ingénierie et en hydrodynamique avant qu'une conception pratique puisse être développée. L'ensemble du laboratoire de Los Alamos a été réorganisé en août 1944 pour se concentrer sur la conception fonctionnelle d'une bombe à implosion :



**Jumbo** arrive sur le site : enceinte de confinement pour une explosion ratée. La bombe serait placée au cœur de Jumbo, et si la détonation de la bombe échouait, les murs extérieurs de Jumbo ne seraient pas percés, permettant de récupérer le plutonium de la bombe (4,5 m de diamètre - 7,6 m de longueur - parois de 35 cm d'épaisseur, et un poids de 194 tonnes). Encadré : après le test.

La sûreté et la sécurité nécessitaient une zone éloignée, isolée et non peuplée. Les scientifiques voulaient également une zone plane pour minimiser les effets secondaires de l'explosion et avec peu de vent pour propager les retombées radioactives. Plusieurs sites ont été inspectés et celui qui a été choisi se trouve à l'extrémité nord de la zone de bombardement d'Alamogordo, dans le comté de Socorro près des villes de Carrizozo et San Antonio. Les seules structures à proximité étaient la McDonald Ranch House et ses bâtiments annexes, à environ 3 km au sud-est. Les scientifiques l'ont utilisé comme laboratoire pour tester les composants de la bombe, et ils ont élaboré des plans pour un camp de base avec des logements et des installations pour 160 personnes, ainsi que l'infrastructure technique pour soutenir le test. Pour l'anecdote, le camp de base a été accidentellement bombardé à deux reprises en mai, en raison de sa proximité avec le champ de tir, faute d'information des militaires du raid aérien sur la présence du camp de base Trinity... gardé trop secret par d'autres militaires.

Au moment où Jumbo est arrivé, les réacteurs de Hanford produisaient du plutonium en quantité, et Oppenheimer était convaincu qu'il y en aurait assez pour un deuxième test.

L'utilisation de Jumbo allait interférer avec la collecte des données de l'explosion, qui était l'objectif principal du test. Il a donc été décidé de ne pas l'utiliser. Mais, il a été hissé sur une tour en acier à 800 mètres du site de l'explosion, où il aurait pu être utilisé pour un test ultérieur. Jumbo a survécu à l'explosion, mais pas sa tour (cf. photo précédente). Jumbo a cependant été détruit en 1946, par des militaires qui se sont sans doute amusés à placer quelques bombes « normales » au fond du cylindre. Des débris ont été expédiés aux alentours à plus d'1 km... Personne ne sait qui a décidé de faire ça.

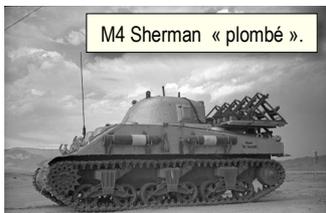
Toutefois, Oppenheimer avait donné son accord à Bainbridge pour réaliser une répétition à petite échelle à l'aide d'explosifs conventionnels, histoire de vérifier les procédures et d'étalonner les appareils de mesure ; une plateforme en bois de 6 m de hauteur a été construite à 730 m au



Plateforme pour le test « 100 t de TNT » en construction.



sud-est de « Trinity Ground Zero » et 81 t d'explosifs (un équivalent d'une centaine de tonnes de TNT) ont été empilés dessus. Une « limace » radioactive (béta et gamma) avait été placée au centre de l'empilement pour mesurer la dispersion radioactive. Un char M4 Sherman doublé de plomb a permis de s'approcher du cratère (1,5 m de profondeur, 9 m de large) pour prélever un échantillon de terre : radioactivité suffisamment faible pour permettre plusieurs heures d'exposition sans protection.



M4 Sherman « plombé ».

Les jauges piézoélectriques développées par l'équipe d'Anderson indiquaient correctement une explosion de 108 tonnes de TNT mais qui s'est produite 1/4 de seconde trop tôt et a ruiné l'expérience qui nécessitait bien plus de précision...

Ce test a été réalisé le 7 mai, est il aurait été à peine ressenti au camp de base, à 5 km de là.



Mise en place des explosifs. Et si ça coince, un coup de marteau arrange l'affaire...  
L'explosif était garanti : « ne craint pas les chocs ».



Beau travail qui mérite une photo.



La boule de feu de cette explosion « conventionnelle » a été vue depuis l'aérodrome militaire d'Alamogordo à 100 km.

Malgré des résultats expérimentaux insuffisants, le test des « 100 t TNT » a montré des insuffisances logistiques : pas assez de véhicules, améliorer les routes, plus de radios, plus de lignes téléphoniques et mieux protégées etc.. Et il fallait prévoir de quoi faire des conférences et des briefing pour l'essai de « Gadget », un doux euphémisme pour une bombe atomique. Le laboratoire de physique des armes, « la division G », l'a ensuite référencée « appareil Y-1561 » mais « Trinity Gadget » est resté plus connu, comme « Fat Man », sa réplique construite pour Nagasaki ; les deux étaient très similaires, avec seulement des différences mineures, la plus évidente étant l'absence de fusée et du boîtier balistique externe, car *Fat Man* devait être largué d'un avion.

Pour garder une conception aussi simple que possible, un noyau sphérique presque solide a été choisi plutôt qu'un noyau creux, bien que les calculs aient montré qu'un noyau creux serait plus efficace pour une utilisation du plutonium. Le noyau a été comprimé pour provoquer une super-criticité par l'implosion générée par la lentille hautement explosive. Cette conception est devenue connue sous le nom de "Christy Pit" d'après le physicien Robert F. Christy, qui a permis sa réalisation d'après une proposition initiale d'Edward Teller.

Le plutonium est un métal difficile à travailler car il se présente sous 7 formes selon la température, et avec des densités variables, qu'on appelle *allotropes*. C'est aussi valable pour le carbone que l'on connaît sous forme de diamant, de graphite, de chaoite et de fullérènes : du carbone, mais avec des propriétés physiques différentes.



Allotropes du carbone

Parmi les nombreux allotropes du plutonium, les métallurgistes ont préféré la phase malléable  $\delta$  (delta). Le plutonium a été stabilisé à température ambiante en l'alliant avec du gallium.

L'assemblage de la capsule nucléaire a commencé le 13 juillet à la McDonald Ranch House, où la chambre principale avait été transformée en salle blanche. La calotte polaire

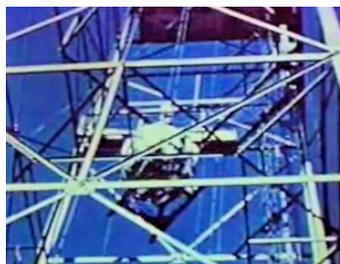


Image du film « Oppenheimer » - Universal Studio

supérieure Dural a été boulonnée en place. L'assemblage a été achevé vers 16h45 le 13 juillet. Gadget a été hissé au sommet d'une tour en acier de 30 m. La hauteur donnerait une meilleure indication de la façon dont l'arme se comporterait lorsqu'elle serait larguée d'un bombardier, car la détonation dans l'air maximiserait la quantité d'énergie appliquée directement à la cible (l'explosion se développerait sous une forme sphérique) et générerait moins de puissance nucléaire. La tour reposait sur quatre pieds qui s'enfonçaient à 6 m dans le sol, avec des semelles en béton. Au sommet se trouvaient



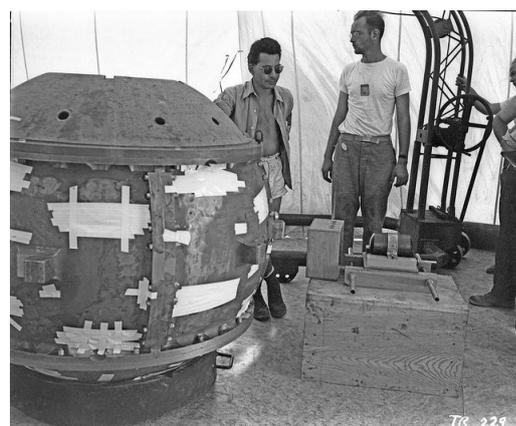
Arrivée et déchargement de Gadget



Gadget s'élève dans la tour.  
Vue d'ensemble de la tour à droite :



une plate-forme en chêne et une cabane en tôle ondulée ouverte du côté ouest. Un camion de matelas a été placé en dessous au cas où le câble se romprait en laissant tomber Gadget.



Louis Slotin et Herbert Lehr avec Gadget avant l'insertion du bouchon d'invulnérabilité.  
  
Ce bouchon est visible devant le genou gauche de Lehr.

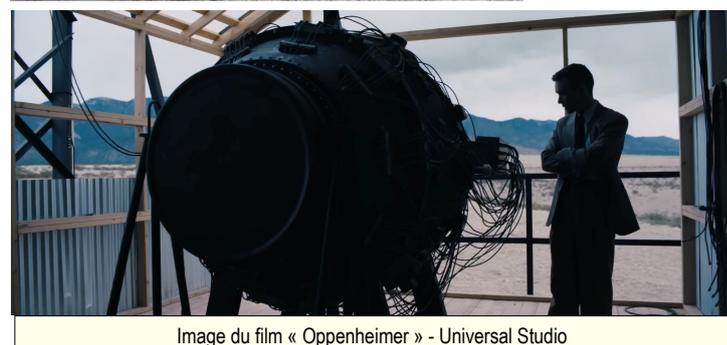


Image du film « Oppenheimer » - Universal Studio

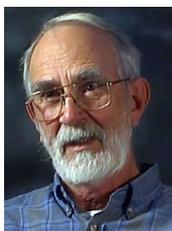
Le groupe d'armement de sept hommes (Bainbridge, Kistiakowsky, Joseph McKibben et quatre soldats dont le lieutenant Bush), s'est rendu à la tour pour effectuer l'armement final peu après 22h00 le 15 juillet.

Groves avait averti le gouverneur du Nouveau-Mexique, John J. Dempsey, que la loi martiale pouvait devoir être déclarée dans la partie sud-ouest de l'État. Des abris avaient été établis à un peu plus de 9 km au nord, à l'ouest et au sud de la tour et de nombreux autres observateurs se trouvaient à environ 20 miles (32 km) et d'autres étaient dispersés à différentes distances, certains dans des situations plus informelles. Les VIP, limités à une dizaine, ont vu le test depuis Compañia Hill, à environ 30 km au nord-ouest de la tour. Les observateurs ont même mis en place un pool de paris sur les résultats du test ; Edward Teller était le plus optimiste, prédisant 45 kilotonnes de TNT et Robert Oppenheimer a choisi 0,3 kilotonne de TNT. Enrico Fermi a proposé de prendre des paris parmi les meilleurs physiciens et militaires présents sur la question de savoir si l'atmosphère s'enflammerait, et si c'est le cas, si elle détruirait uniquement l'État ou incinérerait la planète entière ; un résultat qui avait inquiété quelques scientifiques et effrayé les gardes qui n'avaient pas trop de connaissances scientifiques, au point de demander d'être relevé de leur poste. Bainbridge était furieux contre Fermi d'avoir semé la panique.

Bien sûr, il y avait des photographes, avec une cinquantaine d'appareils photo différents, prenant des photos animées et fixes. Des caméras Fastax spéciales prenant 10 000 images par seconde pour enregistrer les moindres détails de l'explosion. Des caméras ont été placées dans des bunkers à seulement 700 m de la tour, protégées par de l'acier et du verre au plomb, et montées sur traineau afin qu'elles puissent être remorquées par le tank blindé au plomb. Certains observateurs ont apporté leurs propres caméras malgré la sécurité. Segre a fait venir Jack Aeby avec son Perfex 44 de 35 mm qui va prendre la seule photographie couleur bien exposée connue de l'explosion.

Quand l'onde de choc arriva au camp de base, Aeby regarda Enrico Fermi avec la main pleine de papier déchiré. Il a lancé le tout en l'air... pour estimer la puissance de la première explosion nucléaire à 10 000 t de TNT.

Aeby : « Des mesures plus rigoureuses donneront peu après une valeur presque double de 18 600 t de TNT, générés par une boule de plutonium de 6 kg... »



Jack Aeby  
(1923-2015)



Les scientifiques voulaient une bonne visibilité, une faible humidité, des vents légers à basse altitude et des vents d'ouest à haute altitude pour le test.

Le meilleur temps était prévu entre le 18 et le 21 juillet, mais la conférence de Potsdam devait commencer le 16 juillet et le président Harry S. Truman souhaitait que le test soit effectué avant le début de la conférence.

À 05h29 MWT (Mean War Time : UTC-6) Gadget a explosé avec une énergie équivalente à 25 kilotonnes de TNT. Le sable du désert, composé en grande partie de silice, a fondu pour devenir un verre vert clair légèrement radioactif, appelé trinitite. Au moment de la détonation, les montagnes environnantes ont été illuminées "plus brillantes que le jour" pendant une à deux secondes, et la chaleur a été signalée comme "étant aussi chaude qu'un four" au camp de base. Les couleurs observées de l'illumination sont passées du violet au vert et finalement au blanc. Le rugissement de l'onde de choc a mis 40 secondes pour atteindre les observateurs. Il a été ressenti à plus de 160 km et le champignon a atteint plus de 12 000 m de hauteur.

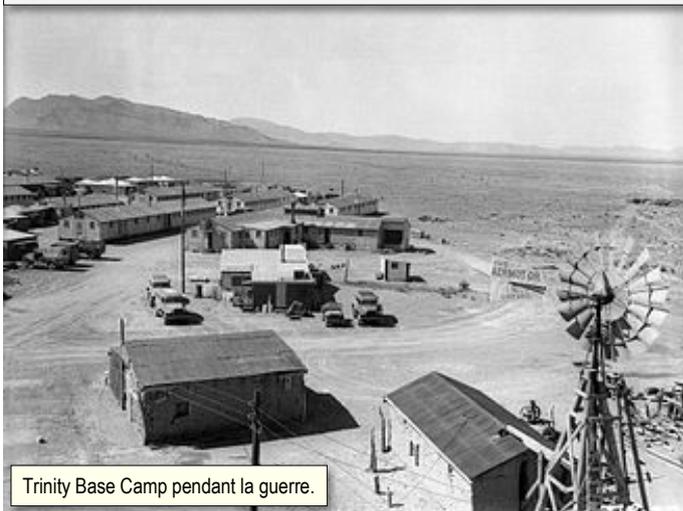


Enlever de la trinitite est un vol du Gouvernement et il peut en résulter des amendes et de la prison.

John R. Lugo pilotait un transport de la marine américaine à 3 000 m, à 50 km à l'est d'Albuquerque, en route vers la côte ouest : « Ma première impression a été comme si le soleil se levait dans le sud. Quelle boule de feu ! C'était si brillant qu'elle a illuminé le cockpit de l'avion ». Après avoir communiqué par radio avec Albuquerque, Lugo n'a obtenu aucune explication pour l'explosion, mais on lui a dit : « Ne volez pas vers le sud ».

Général de brigade Timothy R. Coffin :

Trinity Site est un monument historique national où les théories et l'ingénierie de certains des esprits les plus brillants du pays ont été testées avec l'explosion de la première bombe nucléaire, des technologies qui ont ensuite contribué à mettre fin à la Seconde Guerre mondiale. Il est important pour nous de partager Trinity avec le public même si le site est situé à l'intérieur d'un champ de tir militaire très actif. Nous avons des voyageurs d'aussi loin que l'Australie qui viennent ici pour visiter ce monument historique. Faciliter l'accès deux fois par an permet à davantage de personnes de visiter ce site historique



Trinity Base Camp pendant la guerre.



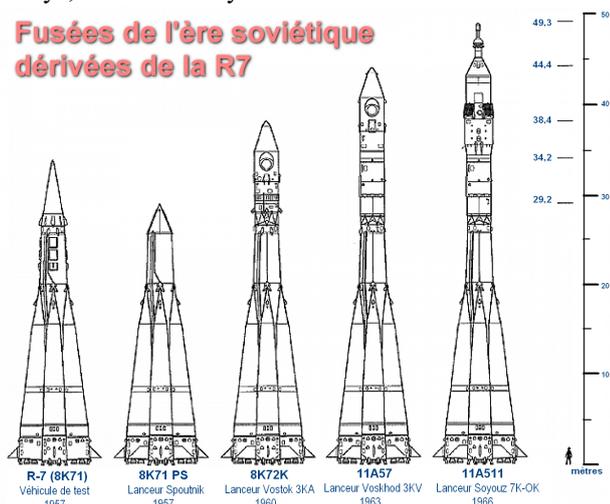
**SpaceX a doublé sa cadence de lancement en 2022.**

L'avant-dernier jour de 2022, SpaceX a achevé son dernier lancement de l'année, propulsant un satellite israélien en orbite terrestre basse. Il s'agissait du septième lancement de la société en décembre, et il a couronné une année au cours de laquelle la famille de fusées Falcon a été lancée 61 fois, toutes réussies. Toutes ces missions, sauf une, ont volé sur la fusée Falcon 9, et plus de 90 % de ces vols ont été effectués sur un booster précédemment utilisé. L'autre lancement a eu lieu sur une Falcon Heavy. SpaceX a égalé un record établi par la fusée soviétique R-7, qui en 1980 a effectué 61 missions combinées à travers ses différentes variantes Molniya, Vostok et Soyouz.

Les Soviétiques y sont parvenus au milieu de la guerre froide, mais, bien sûr, avec un budget important consacré à la surveillance de l'espace et un programme spatial gouvernemental massif avec des dizaines de milliers de travailleurs.

SpaceX a réalisé le même exploit en étant une entreprise privée, qui gère sa constellation de satellites Starlink et un mélange de missions pour des sociétés de satellites et des agences spatiales gouvernementales américaines et étrangères. SpaceX a également fait revenir les boosters (premier étage) soit sur un drone en mer, ou sur un site d'atterrissage, pour un total de 60 fusées. Pour 2023, la société aspire à lancer jusqu'à 100 fusées, donc des objectifs encore plus ambitieux pour la nouvelle année... Et dès le 3 janvier, c'était la mission SpaceX « Transporter 6 » :

**Fusées de l'ère soviétique dérivées de la R7**



Décollage de la Falcon 9 du pas de tir SLC-40 de Cap Canaveral en Floride, pour la mission « Transporter 6 ». Une mission partagée en covoiturage pour satelliser 114 charges utiles. Il était d'ailleurs possible de voir en temps réel l'éjection d'une partie des satellites dans l'espace. Le client principal était Planet qui avait 36 « SuperDove » dans la coiffe. Le booster (1<sup>er</sup> étage) réalisait son 15<sup>ème</sup> lancement

Toutes les missions « Transporter » de SpaceX de 2023 sont déjà réservées. Il y a beaucoup de demandes car les coûts sont réduits avec ces courses dans l'espace partagées, malgré l'arrivée sur le marché de transporteurs alternatifs pour des charges utiles légères.

### FALCON HEAVY, c'est reparti !

Le numéro 102 d'Albiréoscope annonçait que la Falcon Heavy allait reprendre du service, et c'est chose faite : après sa quatrième mission USSF-44 début novembre 2022, l'année 2023 débute encore avec une 5ème mission qui est également pour l'US Space Force : la mission USSF-67. C'était dimanche dernier, 15 janvier, au coucher du Soleil, ce qui a généré de jolis effets lumineux dans le ciel de Floride. Propulsée par trois boosters dérivés de la Falcon 9, chacun avec neuf moteurs Merlin 1D, Falcon Heavy s'est envolée du pas de tir SpaceX LC-39A du Kennedy Space Center. Avec ses 2 326 tonnes de poussée peu après le décollage, Falcon Heavy a maintenu sa position de fusée commerciale la plus puissante au monde et de deuxième fusée opérationnelle la plus puissante.

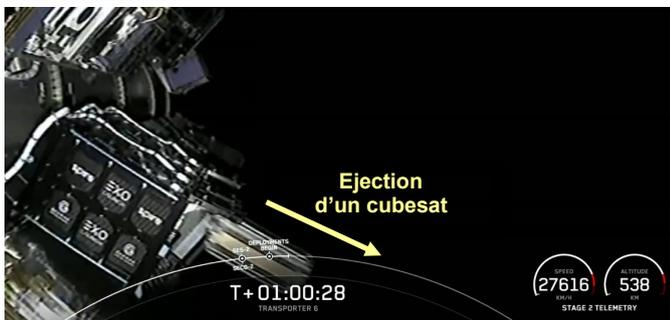
USSF-67 a utilisé les mêmes boosters latéraux que pour USS-44, à savoir les B1064 et B1065 ; et, comme attendu, ceux-ci sont revenus atterrir doucement sur les aires d'atterrissage LZ-1 et LZ-2 de SpaceX qui jouxtent Cap Canaveral.



Décollage de la mission USSF-67



Moins de 9 minutes après le départ, le booster revenait sur la terre ferme...



SpaceX et New Space India Limited, la branche commerciale de l'agence spatiale indienne, devraient effectuer un lancement chacun au début de cette année pour permettre à OneWeb de fournir une couverture internet mondiale. L'année dernière, OneWeb a commandé respectivement trois et deux lancements à SpaceX et New Space India pour déployer les satellites nécessaires pour atteindre cette couverture mondiale, après avoir suspendu un contrat avec Arianespace pour y parvenir (via des fusées russes Soyuz au milieu de la guerre de la Russie en Ukraine). La porte-parole de OneWeb, Katie Dowd, a déclaré que SpaceX devrait également lancer un nombre indéfini de satellites OneWeb de rechange, lors d'une mission de covoiturage d'ici la fin de l'été.



B1064 et B1065 ont laissé partir B1070 seul en orbite...

Une entreprise française, Gama, a profité de ce voyage sur Transporter 6 de SpaceX, pour tester sa voile solaire. Cette mission alpha était initialement planifiée en octobre 2022.



Dans son prototype Gama Alpha (un cubosat 6U) l'entreprise n'a glissé que 12 kilogrammes de matériaux. Pour une voile de 73 m<sup>2</sup>, cela relève de l'exploit, d'autant que le déploiement se fait sans le moindre moteur. La startup Gama Space, est soutenue par l'entrepreneur Thibaud Elzière qui veut remettre la solution des « voiles solaires » au goût du jour, et la start-up bénéficie aussi du support technique, humain et financier du CNES.

Francis Rocard (CNES) : « Des missions menées en champ de gravité faible, pour du survol et de la prise d'image, sans avoir à s'insérer en orbite, pourraient se faire avec une voile solaire comme celle de Gama ».



L'USSF n'a pas confirmé grand-chose sur les charges utiles de la mission USSF-67, mais la mission de la Falcon Heavy est connue pour transporter un satellite de relais de communication géostationnaire appelé CBAS-2, probablement construit par Boeing.

Avec une petite charge par rapport aux charges utiles ordinaires, Falcon Heavy a lancé directement l'USSF-67 sur une orbite

géosynchrone. Les lancements directs vers GEO/GSO sont exceptionnellement difficiles pour la fusée. SpaceX doit sacrifier l'un de ses trois boosters (B1070) juste pour s'assurer que l'étage supérieur a suffisamment de propulseur et se déplace assez vite lorsqu'il se sépare. B1070, qui était tout neuf, sortie d'usine, s'est détruit en rentrant dans l'atmosphère. L'étage supérieur doit alors effectuer au moins trois ou quatre mises à



Etage supérieur Falcon pour une mise en orbite d'une mission non militaire (image d'artiste).

feu. B1070 a conduit l'étage supérieur et la charge utile de l'USSF-67 sur une orbite de stationnement à environ 300 kilomètres, puis l'orbite va s'élargir et se circulariser avec les mises à feu du moteur Merlin Vacuum de l'étage supérieur. Ce n'est que plusieurs heures après le décollage que le succès de la mission a été déclaré.

**Et Starship ? C'est pour bientôt, a dit Elon Musk.**



Starship, reposant sur sa fusée son booster Super Heavy, émerge du brouillard côtier à Boca Chica (12 janvier 2023).

« Bientôt » pour l'espace... comme « tout de suite » à la télé, n'ont plus la même signification que lorsque nous allions à l'école : le mois ou l'année prochaine pour le premier et dans une dizaine de minutes, voire un quart d'heure, pour l'autre.

Donc, « tentative de lancement du vaisseau bientôt », pourrait signifier *fin février possible... mars probable.. Quoi que...*

Le PDG Elon Musk a aussi déclaré que l'usine Starship de SpaceX du sud du Texas (à Boca Chica) visait à construire jusqu'à cinq de ses méga fusées à deux étages en 2023.

Petit rappel :

Les efforts matériels de SpaceX à Boca Chica, au Texas, ont commencé dans un champ en friche fin 2018, avec des lancements pour tester les Starhopper en 2019. Fin 2019 et début 2020, la société a commencé à construire le squelette de l'usine qui existe aujourd'hui, en s'appuyant fortement sur plusieurs tentes géantes (des "structures suspendues" similaires à celles utilisées par Tesla). SpaceX a d'ailleurs déjà commencé le processus de remplacement de ces tentes par des bâtiments permanents plus grands, mais deux des tentes d'origine continuent d'héberger des parties cruciales du processus de fabrication du Starship.

En termes de production utile, cette fabrication a un peu ralenti en 2022. Ce ralentissement peut probablement s'expliquer en partie par la nécessité de déplacer l'équipement et les processus dans la première section terminée de la « Starfactory ». Mais en général, SpaceX se concentrait simplement sur la finition et le test du Starship S24 et du booster B7 – les deux étages du véhicule normalement destiné à tenter le premier lancement orbital du Starship.

Ce n'est qu'à la fin de 2022 que Starship S24 a plus ou moins terminé les tests d'épreuve, et Booster 7 doit encore subir plusieurs tests majeurs pour bâtir une confiance totale dans sa conception. SpaceX n'a effectué que des tests limités avec les vaisseaux spatiaux entièrement empilés, ce qui réduit encore la confiance que l'entreprise peut avoir dans la fusée assemblée.



Starship SN 24 en circulation, booster B7 en avant-plan (mai 2022)

Mais si les prévisions du PDG Elon Musk sont correctes, la société prévoit d'augmenter la production utile de son usine Starfactory en 2023. Selon Musk, SpaceX vise à construire environ cinq "piles" complètes (pile = SNx + Bx) cette année, ce qui se traduira par cinq vaisseaux spatiaux Starship en état de vol et cinq boosters Super Heavy. En 2022, SpaceX a terminé le Booster 7 et a construit le Booster 8, le Booster 9 et la majeure partie du Booster 10. Le Booster 8 a été presque immédiatement relégué à la retraite. Le Booster 9 présentait des modifications de conception importantes ; il a effectué un nombre limité de tests d'épreuve puis est retourné à l'usine début janvier, probablement pour l'installation du moteur Raptor. Le sort de Booster 10 n'est pas clair, mais il est un excellent exemple de la rapidité avec laquelle SpaceX peut réellement construire un matériel Starship massif lorsque les conditions sont réunies. SpaceX a commencé à empiler le B10 fin octobre

2022 et le véhicule n'est pas loin de la pleine hauteur trois mois plus tard. Au cours de la même période, SpaceX a terminé et immédiatement retiré le Starship 22, terminé et commencé à tester le SN 24, terminé et commencé à tester le SN 25 et terminé l'empilement du SN 26. Les mises à niveau de Booster 9 l'isolent partiellement du scénario le plus décevant possible : la retraite avant le vol. Même si Booster 7 échoue lors des tests de pré-lancement ou de sa tentative de lancement, révélant des défauts de conception majeurs, il est possible que les modifications de Booster 9 aient déjà corri-



S25, le 14 janvier 2023

gé ces faiblesses, lui permettant de poursuivre la campagne d'essais en vol. Le destin du SN 25 dépend encore plus du sort de SN 24. Équipé de moteurs Raptor, le SN 25 devrait lancer ses tests de pré-lancement en ce début d'année. En 2022, SpaceX a finalement produit deux « piles complètes », dont une troisième (SN 26/B10) devrait être achevée au début de 2023. De toute façon, une production à grand volume restera une proposition risquée jusqu'à ce que les conceptions des véhicules en cours de construction aient été pleinement qualifiées. SpaceX pourrait pratiquement arrêter complètement la production en 2023 et avoir encore une année complète de tests devant lui tout en n'utilisant que les Starship 24 et 26, ainsi que les boosters 7, 9 et 10.

Cela augure bien pour une année 2023 chargée de vols d'essai de Starship, car le matériel requis pour trois tests en vol est déjà presque terminé ou presque prêt à commencer les essais en amont. Cependant, beaucoup de travail reste à faire avant le lancement de Starship avec Super Heavy, bien sûr. Le véhicule combiné doit subir une répétition générale : remplissage complet des réservoirs, compte à rebours et arrêt avant le lancement. Ensuite, l'étage supérieur (Starship) sera retiré afin que le booster Super Heavy puisse subir un test de tir statique complet de ses 33 moteurs Raptor (un rapport suggérait que cela pouvait se produire en janvier). Ensuite, les véhicules doivent être ré-empilés.

Et... important : SpaceX doit encore recevoir sa licence de lancement.

Mars semble être un moment probable pour le lancement. Le mois, après tout, porte le nom de Mars, le dieu de la guerre.

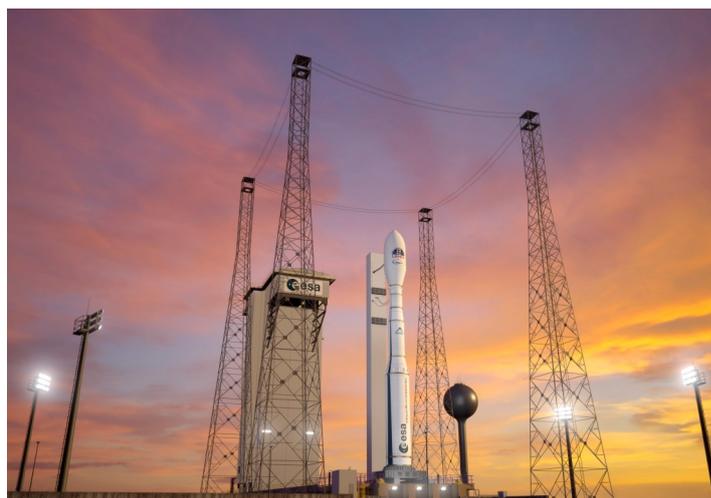


### Roscosmos et Arianespace négocient des parts de Soyouz.

Après l'invasion russe de l'Ukraine, 36 satellites OneWeb qui devaient être lancés sur une fusée Soyouz se sont retrouvés bloqués sur le site de lancement de Baïkonour, au Kazakhstan. Leur sort est incertain, mais maintenant, Russian Space Web rapporte que des représentants d'Arianespace étudient un accord potentiel avec Roscosmos sur l'échange de composants de fusée Soyouz bloqués en Guyane française pour les satellites.

Mais il y a sans doute un long chemin vers la reprise ... En raison des liens sévèrement réduits entre la Russie et l'Occident, même un accord d'échange de principe laisserait des obstacles logistiques difficiles. Dans le cas des fusées Soyouz, des dizaines de spécialistes russes des RKT Progress sanctionnés devraient obtenir les visas nécessaires et trouver un itinéraire pour se rendre en Guyane française afin de soutenir la préparation et le chargement du matériel russe sur des cargos pour un transport sur une distance de 8 000 kilomètres : le trajet du port de Cayenne à Saint-Petersbourg.

### Véga-C : 8 lancements... 3 échecs



13 juillet 2022, vol inaugural de Véga-C

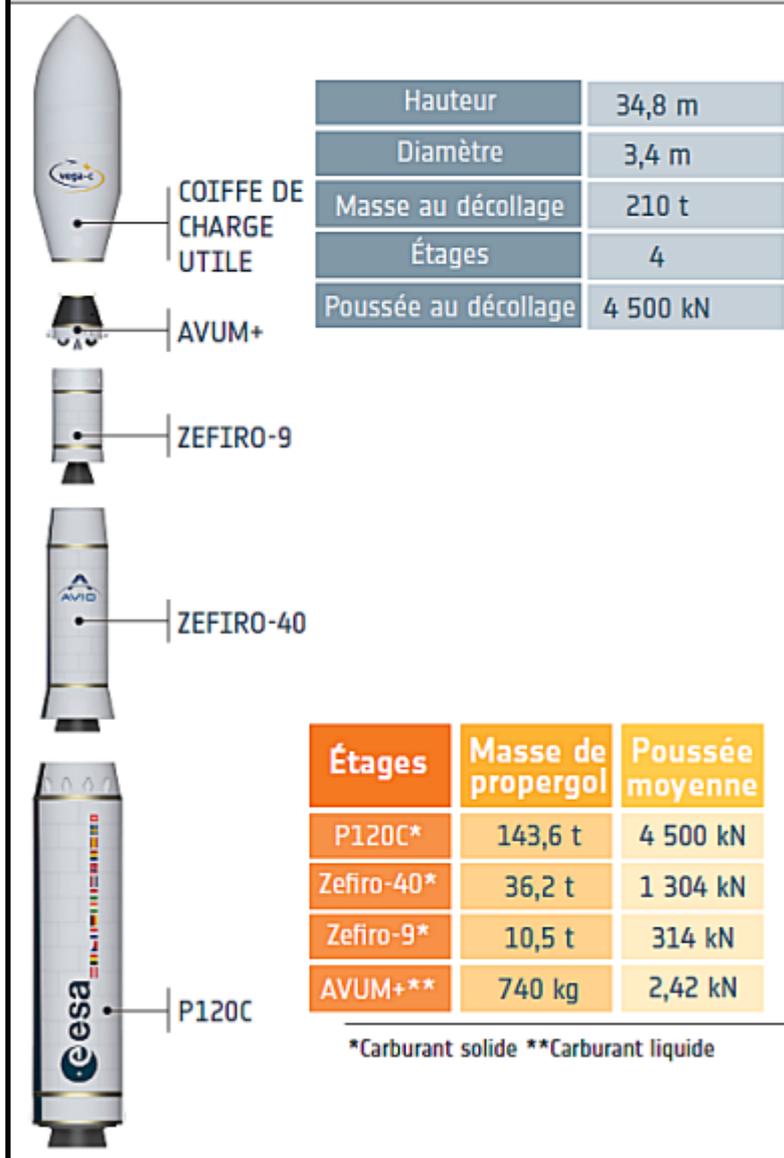
**Véga-C de l'ESA succède à Vega, qui opère depuis le port spatial européen en Guyane française. Véga-C offre des performances accrues, un plus grand volume de charge utile et une meilleure compétitivité.**

**Cette fusée annonce une nouvelle ère dans le vol spatial européen en prenant en charge de nouvelles possibilités de mission, y compris la capacité de retour sur Terre avec Space Rider.**

Voilà de quoi faire saliver des clients futurs lors du vol inaugural de Véga-C, sauf que... depuis, cette fusée joue de malchance. Et c'était encore le cas lors de son dernier vol, le 21 décembre dernier où 2 satellites français d'Airbus pour imager la Terre en haute résolution sont tombés à l'eau. Le véhicule a été perdu deux minutes et demie après le lancement à cause du mauvais fonctionnement du moteur du deuxième étage, récemment validé « bon pour le service ».

Un raté qui va encore augmenter la pression sur le secteur européen des satellites où Ariane-5 régnait en maître il y a quelques années, et mis à mal par la disparition du lanceur Soyouz à Kourou, et le retard à la livraison d'Ariane-6, dont le vol inaugural a été reporté en fin d'année 2023.

## LANCEUR VEGA-C



émission du centre de contrôle pour détruire la fusée dont la trajectoire commençait à dévier de ce qui était prévu. Le lanceur et ses satellites « Pléiades Neo Earth » sont retombés dans l'océan Atlantique, dans une zone maritime internationale, sans causer de dommages. Les données du vol ont de suite été figées pour une analyse ultérieure. Le PDG d'Arianespace, Stéphane Israël, a présenté ses excuses à Airbus Defence and Space. Les deux satellites devaient être parmi les plus performants imageurs optiques, capables de résoudre des détails sur Terre de 30 cm ; ils devaient compléter une constellation qui en compte déjà quatre.

Une commission d'enquête a été mise en place, supervisée par Arianespace, et l'ESA (European Space Agency) ainsi que des experts indépendants. Vega pourra reprendre ses vols après ; le dernier accident en novembre 2020 a conduit à un report des tirs de cinq mois. Stefano Bianchi, directeur du programme des vols, a dit que l'Agence, et ses partenaires feront tout ce qu'il faut pour le retour de Vega en vol, de manière sûre et fiable.

Les opérateurs de satellite européen sont à la recherche d'opportunités de lanceurs, et ce problème avec Vega complique encore la situation.

Ariane-5, la plus puissante fusée européenne, n'a plus que deux vols dans l'année 2023 avant son retrait du service. Ariane-6 ne prendra son envol que fin 2023 et, heureusement, le P120C fonctionne bien, car c'est un booster utilisé, selon les configurations de vol, par la future fusée.

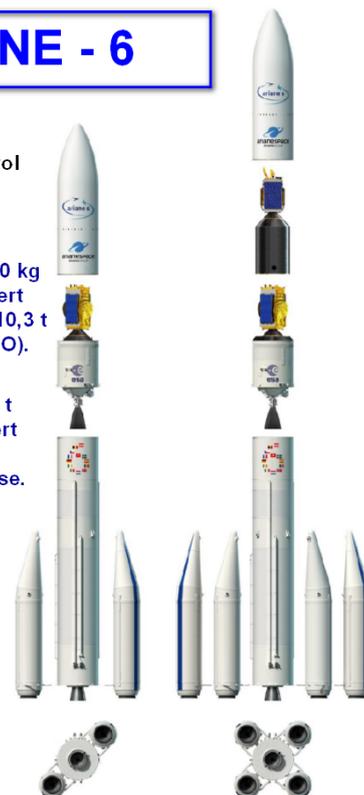
Toutefois, l'ESA a retenu deux courses chez SpaceX pour le télescope Euclide et la mission Hera vers les astéroïdes, respectivement en 2023 et 2024.

## ARIANE - 6

Exemple de deux configurations de vol de la fusée :

**Ariane-6-2** devrait pouvoir lancer 4 500 kg en orbite de transfert géostationnaire et 10,3 t en orbite basse (LEO).

**Ariane-6-4** devrait pouvoir lancer 11,5 t en orbite de transfert géostationnaire et 20,6 t en orbite basse.



Pas de tir Vega à Kourou, en Guyane.

Le moteur du premier étage, P120C a bien fonctionné. L'anomalie est due à ZEFIRO-40, le moteur du 2ème étage de la fusée qui en compte quatre. Une baisse de pression dans la chambre de combustion de ce segment de fusée en est, *a priori*, responsable. Une commande a été

## Les déboires de Virgin

Charles Branson, n'a pas de chance non plus, avec l'échec du premier lancement satellitaire au Royaume-Uni depuis Spaceport Cornwall. La fusée a subi une anomalie, lundi 9 janvier au soir, après son largage par un gros porteur, "Cosmic Girl", opéré par la compagnie américaine Virgin Orbit. Mais cet échec de la toute première mission satellitaire lancée depuis le sol britannique est un revers sans toutefois être un obstacle aux plans spatiaux du pays.



Cosmic Girl, le 747 jumbo, et sa fusée placée sous son aile, ont quitté l'aéroport Newquay juste après 22h00 UTC.

La mission avait été présentée comme une étape majeure pour l'espace britannique, marquant la naissance d'une industrie de lancement locale. L'ambition est de faire du pays un acteur mondial : de la fabrication de satellites à la construction de fusées et à la création de nouveaux ports spatiaux.

Le directeur général adjoint de l'agence spatiale britannique, Ian Annett, a déclaré que cela montrait « à quel point il était difficile de se mettre en orbite » ; mais il a prédit de nouveaux lancements au cours des 12 prochains mois et il a également ajouté : « On y retourne, on se relève, on recommence, et ça définit notre avenir ». Le consultant spatial Adam Baker pense que le revers ne sera que tem-



Malgré la fraîcheur, ils étaient venus nombreux voir le décollage...

poraire : « Ce sont des premiers jours difficiles, typiques pour une nouvelle société de lancement, de plus à partir d'un tout nouveau site, avec un certain nombre de nouveaux employés. Donc, même si c'est décevant, c'est à court terme. Je pense que ça va être réparé. C'est le début d'un voyage spatial commercial beaucoup plus long... et le Royaume-Uni ne fait que commencer à le faire ».

Il est clair que Spaceport Cornwall a essayé de créer un modèle commercial qui ne dépend pas uniquement de Virgin Orbit. Il se veut être le centre d'intérêt d'un groupe d'entreprises spatiales, et jusqu'à présent, cela semble fonctionner. Et, bien sûr, le port spatial n'est qu'une partie du grand complexe de l'aéroport de Newquay.

Josh Western, PDG de Space Forge, une société aérospatiale basée à Cardiff qui a perdu son satellite lors du lancement raté, a déclaré qu'il serait prêt à lancer à nouveau avec Virgin Orbit. Le satellite était assuré et la principale perte pour la start-up était en termes de temps consacré au projet, plutôt qu'en termes d'argent.

La mise en place du port spatial et la mission ont coûté environ 20 millions de livres sterling. Cela comprend l'argent du gouvernement local de Cornouailles et le financement national, par l'intermédiaire de l'Agence spatiale britannique. Mais les actions de Virgin Orbit ont chuté de plus de 20 %, dans les échanges avant commercialisation, après l'échec du lancement.

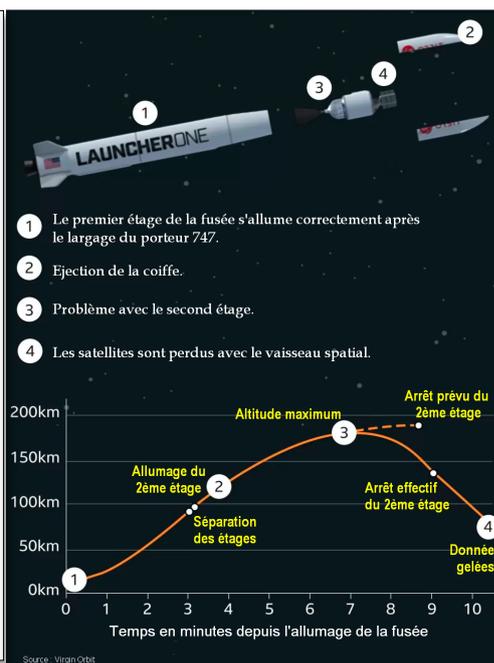
### LauncherOne

est une fusée à deux étages, dont le premier devait marcher pendant environ trois minutes puis tomber, et un second qui fonctionnait pendant environ six minutes.

Des commandes sur le 2ème étage sont normalement nécessaires pour affiner l'orbite, avant que les satellites ne soient libérés pour orbiter autour de la Terre.

Ci-contre :

Trajectoire qui a été enregistrée lors de ce vol.



Lorsque le flux de données s'est finalement figé, l'étage supérieur n'était plus qu'à 75 km d'altitude. Le 747 qui a transporté la fusée à son altitude de lancement est revenu à l'aéroport de Newquay en toute sécurité et se tient prêt à être utilisé pour de futures missions déjà réservées avec Virgin Orbit. L'usine Virgin Orbit de Long Beach, en Californie, produit les fusées.

Les clients sont extrêmement sensibles au prix d'un lancement, mais encore plus à la fiabilité du véhicule effectuant ce lancement. La fusée LauncherOne de Virgin Orbit a maintenant volé six fois avec deux échecs. Ce n'est pas inhabituel dans un système immature, mais lorsque tant de nouvelles fusées arrivent sur le marché, un bilan des lancements réussis est ce qui se démarque dans la foule. Étant une jeune entreprise, Virgin Orbit est dans cette phase de croissance où elle ne gagne actuellement pas d'argent, plutôt l'inverse. Il y a donc urgence à reprendre les vols avec succès et régulièrement.

## Le module de service européen d'Orion a fait du bon boulot.

La preuve ? Eh bien, la capsule Orion est rentrée sur Terre après un beau périple autour de la Lune. C'était la 1ère mission ARTEMIS de la NASA : 25 jours et demi après le lancement inaugural de la SLS, la capsule est revenue faire un plongeon contrôlé dans le Pacifique, à l'ouest de la côte californienne.



C'est le navire USS Portland qui a sécurisé la capsule à son bord (6 heures après le « plouf »), après des tests et des examens de sécurité. Le navire devait arriver au port de San Diego, en Californie, le 13 décembre. La vice-Présidente Kamala-Harris a déclaré : « Je félicite l'équipe de la NASA pour leur travail, et pour avoir terminé avec succès la mission ARTEMIS I. Nous sommes sur le point de faire revenir des astronautes sur la Lune ».

NB : Kamala-Harris préside le National Space Council.

Les éloges sont venus malgré des années de retards dans le développement des principaux programmes ARTEMIS, Orion et SLS. La loi d'autorisation de la NASA de 2010 a ordonné à la NASA de préparer le Space Launch System (SLS) pour son premier lancement d'ici la fin de 2016, mais a subi de longs retards. Orion n'était pas non plus à l'abri des problèmes, en particulier avec son module de service de fabrication européenne. Lors du briefing relatif au retour d'Orion, l'administrateur de la NASA, Bill Nelson pense que la NASA est fondamentalement non partisane, et compte sur le large soutien des Républicains et les Démocrates, même si la prochaine mission SLS / Orion, ARTEMIS II, n'est prévue que dans environ deux ans. « Ce soutien est durable », a-t-il déclaré, précisant qu'il sera soutenu par une annonce attendue de l'équipage d'ARTEMIS II au début de 2023.



Bill Nelson

Nelson a également souligné le fort soutien international à ARTEMIS, offrant une anecdote sur la façon dont, lorsqu'il était à Paris en septembre pour le Congrès international d'astronautique, il a appris que le président français Emmanuel Macron voulait le rencontrer. « C'est un passionné de l'espace », a-t-il déclaré à propos de Macron, notant que lors d'une récente visite d'État aux États-Unis, Macron s'est rendu au siège de la NASA avec la vice-Présidente Harris (cf. Albiréoscope n° 103).



David Parker

« Le succès de la première mission ARTEMIS renforce encore le partenariat international vers la lune », a déclaré David Parker, directeur de l'exploration humaine et robotique à l'ESA (Agence spatiale européenne), dans un communiqué après l'amerrissage d'Orion. « En tant qu'enfant d'Apollo, c'est une leçon d'humilité de faire partie du retour humain sur la Lune, grâce aux

énormes efforts déployés depuis de nombreuses années par l'équipe conjointe de l'ESA et de l'industrie qui a conçu, construit et piloté le premier module de service européen ».

« Nous venons d'assister à la première d'une campagne multi-missions visant à apporter une présence humaine durable sur l'orbite de la Lune et sa surface », a déclaré Lisa Campbell, présidente de l'Agence spatiale canadienne, dans un communiqué. Son agence n'a pas joué un rôle majeur dans ARTEMIS I mais aura un astronaute sur ARTEMIS II et un autre sur une mission ARTEMIS ultérieure en échange de la fourniture du système de bras robotique Canadarm3 pour la passerelle lunaire. « Notre héritage spatial est plus vivant que jamais : les Canadiens de tous âges et de tous horizons attendent avec impatience de voir comment ce nouveau chapitre se déroulera ».

Les groupes de l'industrie spatiale ont également pesé. « Le succès de la mission ARTEMIS I valide l'état de préparation des systèmes soutenant les missions humaines dans l'espace lointain », a déclaré Frank Slazer, Président et Directeur général de la Coalition for "Deep Space Exploration". « Si l'on se demandait si la NASA et ses partenaires industriels étaient prêts à retourner sur la Lune, ARTEMIS I a définitivement répondu 'Oui !'. Pour la première fois en près de 50 ans, nous serons prêts à renvoyer des gens sur la Lune... et c'est bientôt ».

Ce retour des astronautes sur la surface lunaire s'appuiera sur une autre société, SpaceX, qui a reçu plus de 4 milliards de dollars de la NASA pour développer des versions d'atterrisseur lunaire avec son véhicule Starship, et les démontrer lors des missions ARTEMIS III et IV. SpaceX n'a pas été directement impliqué dans la mission ARTEMIS I, et ni l'entreprise ni ses dirigeants n'ont commenté publiquement la conclusion de la mission. Nelson a déclaré qu'il avait récemment parlé avec Gwynne Shotwell, Présidente de SpaceX, qui l'a rassuré sur le fait que le travail de Musk sur Twitter ne serait pas une distraction pour SpaceX.

En réponse à une autre question lors du briefing, Nelson a déclaré qu'il consultait fréquemment Jim Free, qui est Administrateur associé pour le développement de systèmes d'exploration, pour voir si le développement de Starship atteignait ses objectifs. « Et la réponse qui me revient est oui, et dans certains cas dépassant », a-t-il déclaré. Cela inclut un atterrissage lunaire sans équipage à la fin de 2023, a-t-il affirmé, bien que SpaceX n'ait pas encore tenté de lancement orbital de Starship.



Gauche : récupération du vaisseau spatial Apollo de la mission Apollo 6 de la NASA à bord de l'USS Okinawa le 4 avril 1968 (océan Pacifique, à environ 700 km au nord d'Honolulu (Hawaï)). Mission : placer la capsule Apollo en orbite terrestre basse et simuler une injection translunaire en envoyant le vaisseau spatial sur une orbite terrestre très elliptique, puis simuler l'abandon avec le retour sur Terre.  
Droite : Orion (Artemis I), dans l'océan Pacifique après avoir réussi son retour au large de la Basse-Californie le 11 décembre 2022.

Le 18 janvier 2023, SpaceX lançait encore une falcon 9 du pas de tir 40 à Cap Canaveral. C'était la mission **GPS III Space Vehicle 06**. Comme on le voit, SpaceX maintient



la cadence au grand dam des concurrents plus malchanceux Le booster B1077 (1er étage) est revenu se poser sur le bateau drone «A Shortfall of Gravitas », qui l'attendait sur l'océan Atlantique, à 640 km au nord-est de Cap :



B1077 a été utilisé une fois auparavant pour lancer quatre astronautes lors de la mission Crew-5 de SpaceX. À 770 km en aval, le navire de récupération Doug, qui avait quitté le port le 15 janvier, tentera de repêcher les moitiés de carénage de la charge utile GPS III SV06 hors de l'océan pour les réutiliser. La récupération et la réutilisation des carénages sont tranquillement devenues presque aussi fiables et routinières que la récupération des boosters Falcon. SpaceX est toujours la seule entreprise qui réussit à réutiliser le carénage d'une fusée de classe orbitale.

La mission GPS III SV06 est le cinquième lancement de satellite GPS amélioré de SpaceX depuis décembre 2018. La mission fait partie d'un bloc de quatre contrats qui représentent une révolution, mineure, dans l'approvisionnement en lancement militaire américain. Lors du premier lancement du GPS III de SpaceX, la société a été forcée d'utiliser complètement une fusée neuve Falcon 9, probablement par prudence et à la demande de l'US Air Force. Pour ses trois lancements GPS III ultérieurs, SpaceX a pu récupérer chaque booster Falcon 9 tout en lançant la

charge utile sur la même orbite que la première mission « consommable ». Peu de temps après ce premier succès, SpaceX a remporté un contrat d'une valeur de 290,5 millions de dollars pour trois autres lancements de GPS III. L'armée américaine a donc réévalué la situation et a décidé que les boosters Falcon réutilisables de SpaceX devenaient suffisamment fiables pour lancer en toute sécurité des charges utiles militaires. La *Space Force* a finalement renégocié son contrat avec SpaceX pour permettre à la société de lancer le GPS III SV05 et SV06 sur des boosters Falcon 9 réutilisés, ce qui réduit le coût total pour le contribuable à 226,5 millions de dollars.



Construit par Lockheed Martin pour une moyenne de 610 millions de dollars chacun, la charge utile est le sixième de dix satellites GPS III améliorés, et pèse environ 4,35 tonnes. Sa destination finale est une orbite terrestre moyenne circulaire (MEO) à environ 20 200 km au-dessus de la surface de la Terre, où il rejoindra des dizaines d'autres satellites GPS, qui vont contribuer à améliorer notre navigation routière, mais pas seulement... puisqu'il s'agit de la cinquième mission GPS III de SpaceX mais aussi le deuxième lancement spatial de sécurité nationale de 2023 : le mot est dit, c'est une affaire de « sécurité ».

Après GPS III SV06, l'US Air Force n'a plus qu'un seul contrat de lancement de GPS III, mais utilisant une fusée ULA Vulcan, qui n'a pas encore volé. Les trois satellites GPS III restants ont encore besoin de contrats de lancement, et la première tranche des dix satellites GPS III sera suivie par 22 satellites GPS IIIF *Follow On* qui devront également être lancés.

Compte tenu des antécédents de la société et de la baisse des prix, SpaceX sera probablement chargé de lancer une grande partie de ces futurs satellites tout au long des années 2020... et aussi dans les années 2030.

610 millions de dollars dans la coiffe.



**ULA**, à savoir United Launch Alliance, une entreprise conjointe dont les actionnaires sont Boeing et Lockheed Martin, s'apprête au premier lancement de leur nouvelle fusée : la **Vulcan Centaur**.

Après quelques années de retard (ils ne sont pas les seuls...), toutes les pièces de la fusée Vulcan Centaur de nouvelle génération de United Launch Alliance vont converger vers la Floride pour ce premier lancement. Dévoilé en 2015, ULA travaille sur Vulcan Centaur depuis au moins 2014. Suite à la première invasion illégale de l'Ukraine par la Russie, des pays du monde entier ont tenté de punir l'agresseur principalement par des sanctions économiques. Aux États-Unis, ces sanctions comprenaient des interdictions d'importation de la plupart des technologies aérospatiales russes, y compris les moteurs RD-180 qui propulsent toujours la fusée Atlas V d'ULA en 2023, mais plus pour longtemps. En 2014, ULA a annoncé qu'elle travaillerait avec Blue Origin pour intégrer le moteur BE-4 de la startup. Ce nouveau propulseur de fusée devrait mettre fin à la dépendance aux moteurs russes.

Plus de huit ans plus tard, ce moteur BE-4 est enfin prêt à voler, et le reste de la première fusée Vulcan à deux étages semble arriver à point, juste derrière.



Last one. #VulcanRocket Booster has boarded the ULA Cruise Line's URS #RocketShip for his trip to the Cape. I'll admit that our buffet line is not quite 5 star, but the staterooms are first class all the way (if you're a rocket, that is) #ToryTimelapse #CountdownToVulcan



7:55 PM · Jan 10, 2023

Tory Bruno : dernière minute, le booster de la fusée Vulcan est monté à bord du bateau de croisière de ULA pour son voyage vers Cap [Canaveral] ; j'admets que notre resto n'est pas tout à fait 5 étoiles, mais les cabines sont de première classe tout le long (si vous êtes une fusée...).

*Il plaisante le PDG de ULA, mais il doit être content.*

Donc, beaucoup d'activités pour la nouvelle année et le PDG Tory Bruno a confirmé que l'étage central (booster) de Vulcan Flight 1 avait été entièrement assemblé, et chargé sur le navire de transport d'ULA.

Le *RocketShip*, qui porte bien son nom, transportera le propulseur de l'usine ULA de Decatur, en Alabama, à Cap Canaveral,

# ULA VULCAN CENTAUR

1 - Coiffe de la charge utile

2 - Panneau isolant acoustique de la coiffe

3 - Vaisseau spatial - satellite

4 - Support de charge utile

8 - Réservoir Centaur - (LH2)

9 - Etage Centaur

10 - Réservoir - oxydant (LO2)

11 - Cloison

12 - Conduite LH2

13 - Cloison arrière Centaur

14 - Moteur Centaur RL10

15 - Adaptateur inter-étage

16 - Booster

17 - Réservoir Booster oxydant (LO2)

18 - Structure à grille orthogonale

19 - Cône de nez de booster

20 - Cloison commune

21 - Booster solide

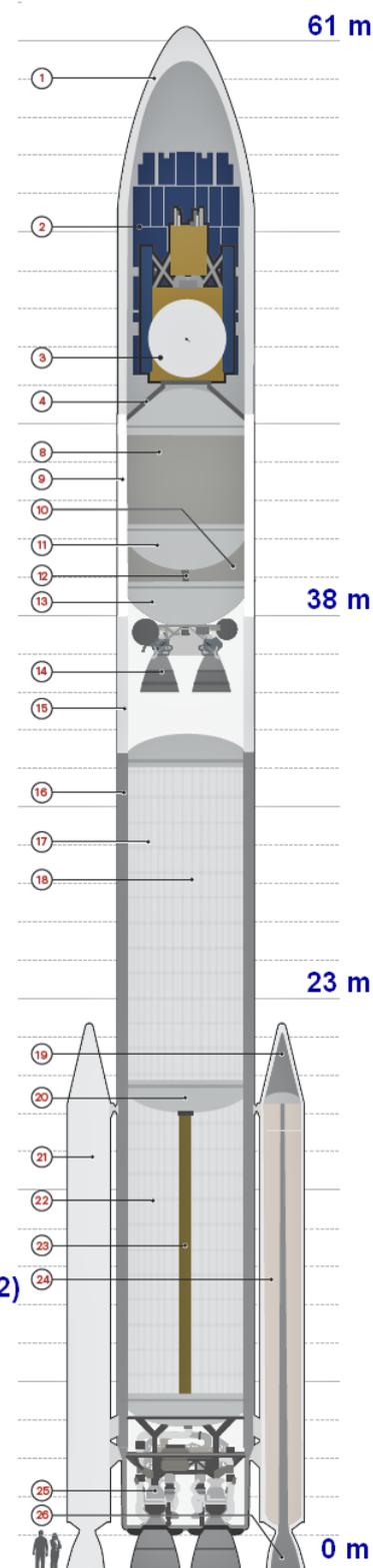
22 - Réservoir Booster - (LNG)

23 - Conduite oxydant booster (LO2)

24 - Propulseur solide (booster)

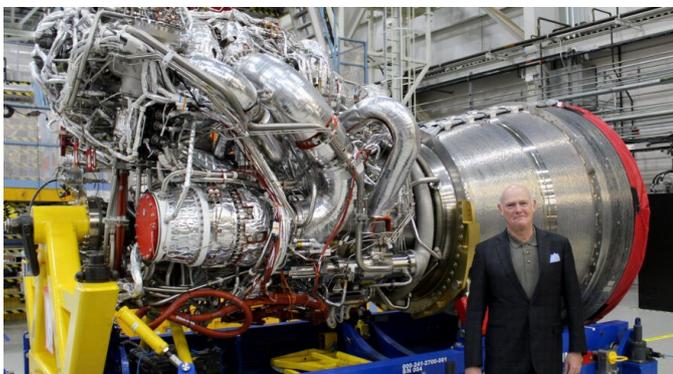
25 - Moteur BE4 du booster

26 - Tuyère booster solide



Echelle 1/140 ème O - 6 SRBs

en Floride, où il entrera dans les dernières étapes de la préparation du lancement au pad LC-41 de la Base de la Force Spatiale de Cape Canaveral (CCSFS).



Tory Bruno devant un moteur BE4,



Deux vues du moteur RL10 qui équipe l'étage supérieur de la fusée.

Simultanément, ULA a terminé les tests d'épreuve du premier étage supérieur Centaur V de Vulcan, une version plus grande et plus avancée par ULA de l'étage Centaur III et ses prédécesseurs, qui volent depuis des décennies. Centaur V est presque deux fois plus large que Centaur III et il est conçu pour contenir deux fois et demie plus de propulseur, permettant des performances nettement supérieures dans certains scénarios. Alors que ULA a partiellement abandonné les plans d'un étage supérieur réutilisable appelé ACES (Advanced Cryogenic Evolved Stage), certaines de ces améliorations peuvent encore être ajoutées à Centaur V. Par rapport à Centaur III, la longévité de Centaur V dans l'espace passera de 8 à 12 heures. ULA développe également un "kit d'extension de mission" qui lui permettra de fonctionner pendant plusieurs mois, quelque chose sans précédent pour un étage de fusée motorisé avec un propulseur cryogénique.



Etage CENTAUR V, presque terminé.



Le PDG de United Launch Alliance, Tory Bruno, prend la parole le 27 octobre 2022 lors de l'inauguration d'une nouvelle installation qui augmentera la capacité de l'entreprise à Decatur, en Alabama.

Pour Tory Bruno, la pénurie de lanceurs se profile, et il n'a pas hésité à conseiller à l'US Space Force d'acheter de manière préventive des services de lancement lourds, car les fusées pourraient être rares au cours des prochaines années.

« Au cours des 20 à 30 dernières années, il y a toujours eu plus de capacité de fournisseur de lancement qu'il n'y a eu de missions », a-t-il déclaré. « Maintenant, les rôles sont renversés, alors que des méga constellations commerciales comme le projet Kuiper d'Amazon achètent la plupart des grandes fusées disponibles, y compris les ULA... L'environnement de pénurie est un grand changement dans notre industrie ». Mais ce discours est peut-être aussi pour être rassuré sur la future rentabilité de ses investissements...

Amazon avait annoncé en avril 2022 avoir acheté 83 lancements sur Vulcan Centaur d'ULA, New Glenn de Blue Origin et Ariane 6 d'Arianespace, alors que ces lanceurs n'ont pas encore volé. Si tout se passe comme prévu, ULA et Arianespace vont commencer à faire voler leurs nouveaux véhicules en 2023, et on ne sait toujours pas quand New Glenn sera prêt. Amazon a également commandé neuf lancements sur l'Atlas 5 d'ULA, un véhicule en quantité limitée car ULA, on l'a dit, prévoit de la retirer et de passer à Vulcan.

Vulcan Centaur est finalement conçu pour remplacer entièrement les fusées Delta IV et Atlas V existantes d'ULA. Construire et exploiter simultanément deux fusées très différentes est sans aucun doute l'une des raisons pour lesquelles les coûts de lancement d'ULA sont tellement plus élevés que ceux de SpaceX, et la simplification en une seule ligne de production est un moyen clair de réaliser des économies importantes. ULA espère que la version la plus simple de Vulcan coûtera finalement environ 100 millions de dollars par lancement (toujours bien plus que le prix de base du Falcon 9 de SpaceX) mais cela est potentiellement plus compétitif qu'une Atlas V...

Quoi qu'il en soit, Vulcan Centaur devrait être une fusée performante et son prix suffisamment proche de l'extrêmement compétitive Falcon 9 de SpaceX pour être une option valable pour les clients qui veulent de la diversité ou qui veulent éviter SpaceX... pour des raisons moins rationnelles. Vulcan a déjà obtenu plus de 70 contrats de lancement grâce à la relation intime d'ULA avec l'armée américaine et à la réticence d'Amazon à lancer ses satellites du Projet Kuiper avec SpaceX, très lié à Starlink, un concurrent direct.

**ULA montre clairement sa confiance dans cette nouvelle fusée Vulcan qui n'a pas encore volé car la cible principale du premier lancement de Vulcan est la Lune.**

**Vulcan Flight 1** transportera deux charges utiles principales :

- les deux premiers prototypes de satellites Amazon Kuiper et
- le premier atterrisseur Peregrine Moon de la startup de Pittsburgh : Astrobotic.



Peregrine en salle blanche chez ASTROBOTIC à Pittsburg.

Après avoir déployé les deux satellites Kuiper en orbite terrestre basse, Centaur V se relancera et va tenter d'envoyer l'atterrisseur **Peregrine** de 1,3 tonne directement sur la Lune après une mise à feu pour une injection trans-lunaire (TLI). Développé dans le cadre du programme Commercial Lunar Payload Services (CLPS) de la NASA, Peregrine sera chargé d'entrer en orbite autour de la Lune et éventuellement de faire atterrir jusqu'à 70 à 90 kilogrammes de charge utile sur la surface lunaire.

Vulcan Centaur doit réussir deux missions orbitales commerciales afin d'être certifié pour lancer des satellites militaires et de renseignement américains dans le cadre du programme National Security Space Launch. Avoir Vulcan certifié dès que possible est essentiel pour le ministère de la Défense. ULA lance actuellement des missions « Secret Défense » avec sa fusée Atlas 5, mais le Ministère de la défense ne peut plus acheter aucun lancement d'Atlas 5 au-delà de 2022 en raison d'une interdiction par le Congrès d'utiliser des moteurs de fusées russes (moteurs RD-180), il est donc impératif pour l'entreprise



Vulcan Flight 1  
Coiffe ASTROBOTIC

de commencer sa transition vers Vulcan en pilotant un moteur produit dans le pays. Mark Peller, vice-président du développement majeur d'ULA, a déclaré dans un communiqué : « *Nous nous engageons à nous assurer que nous effectuons la première mission de certification et à respecter le calendrier pour obtenir la certification de Vulcan par l'US Space Force avant notre première mission spatiale de sécurité nationale au 4<sup>ème</sup> trimestre 2023* ».

Le succès du premier lancement de Vulcan est également important pour l'avenir du véhicule en tant que lanceur commercial. On l'a vu, Amazon compte déployer sa constellation de 3 236 satellites essentiellement avec ULA.



Les préparatifs de United Launch Alliance pour le Vulcan Flight 1 : 1<sup>er</sup> étage central avec ses deux moteurs Blue Origin BE4.



**JUICE, la mission européenne vers les lunes glacées de Jupiter, est prête à être lancée. L'Europe est sur le point d'entreprendre l'une de ses plus grandes missions spatiales, pour explorer les lunes glacées de Jupiter.**

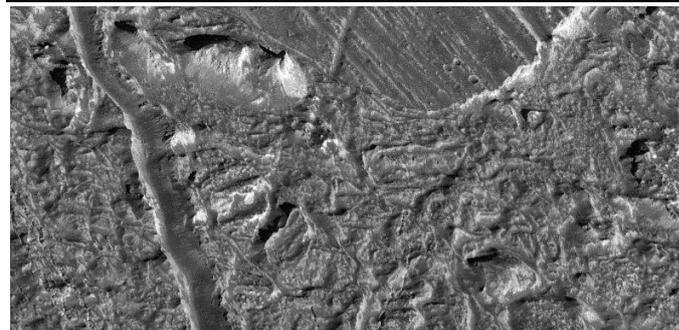
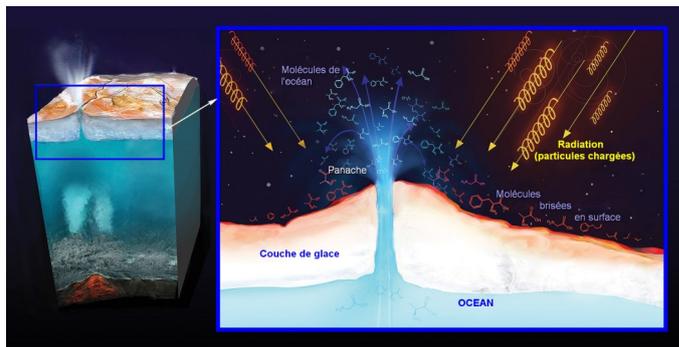
Le vaisseau spatial Juice passe ses derniers tests à Toulouse, en France ; après quoi, il sera expédié vers le site de lancement en Amérique du Sud : Kourou, situé en Guyane française où il sera pris en charge par Arianespace. La sonde spatiale de six tonnes effectuera une série de survols de Callisto, Ganymède et Europe, en utilisant un ensemble avancé d'instruments pour déterminer si l'un de ces mondes est « habitable ». Elle doit quitter la Terre en avril.

partout où il y a de l'eau, il y a possibilité d'y trouver la vie. Dans le cas de Ganymède, on pense qu'il y a un océan profond, de peut-être 100 km de profondeur, sous sa croûte de glace. Et une telle profondeur... c'est 10 fois celle de l'océan le plus profond de notre Terre. Les scientifiques pensent que l'eau est en contact, probablement, avec un fond rocheux qui permet d'envisager un intéressant mélange chimique.



Juice se prépare d'abord pour un voyage terrestre...

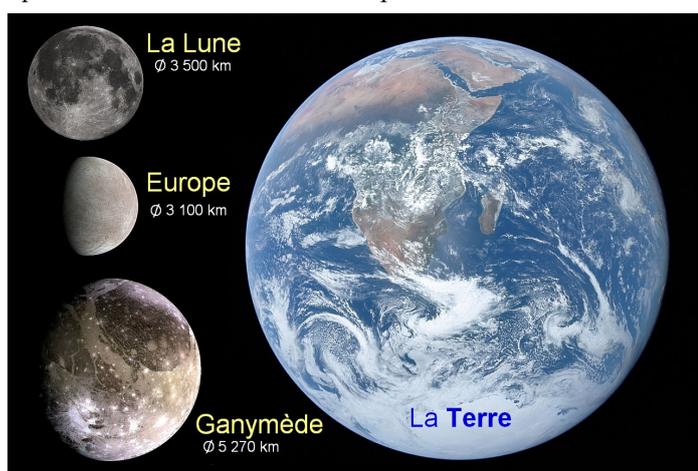
Le système jovien se trouve dans les confins froids et extérieurs du système solaire, loin du Soleil, et ne reçoit qu'un vingt-cinquième de la lumière tombant sur Terre. Cependant, la pression et la poussée gravitationnelles (effets de marée) que la planète géante donne à ses lunes signifient qu'elles ont l'énergie et la chaleur nécessaires pour retenir de grandes quantités d'eau liquide en profondeur. Et nous savons sur Terre que



Terrain chaotique d'Europe, avec aussi un océan profond dessous cette glace.

Marquez votre calendrier pour juillet 2031. C'est à cette date que Juice doit arriver sur Jupiter. C'est un voyage de 6,6 milliards de km qui va durer 8 ans et 6 mois. La sonde va ensuite effectuer 35 survols des trois lunes avant de s'installer définitivement autour de Ganymède fin 2034.

Io, la lune du quartet galiléen sera l'oubliée de la mission, car elle ne présente pas du tout les mêmes caractéristiques que les lunes glacées Callisto, Ganymède et Europe. Io est un satellite volcanique très actif, et pas froid du tout ; il subit de gros effets de marée de la part de Jupiter, et aussi des autres lunes, qui échauffent énormément ce corps céleste.



Les absents : Io (3 643 km) et Callisto (4 800 km).

C'est la société aérospatiale Airbus qui a dirigé la construction du JUPITER ICy moons Explorer de 1,6 milliard d'euros ("peanuts" par rapport à ce que nous coûtent depuis toujours les militaires...) et l'équipe du projet Juice de l'Agence spatiale européenne (ESA) a procédé à un examen majeur cette semaine et a conclu que la mission était "prête au lancement". Le fabricant a fait appel à l'expertise et aux composants de tout le continent. Cyril Cavel, Séverine Deschamps et l'équipe d'Airbus enverront prochainement la sonde sur le site de lancement. Tout est maintenant entièrement assemblé, y compris la suite des 10 instruments scientifiques de Juice.

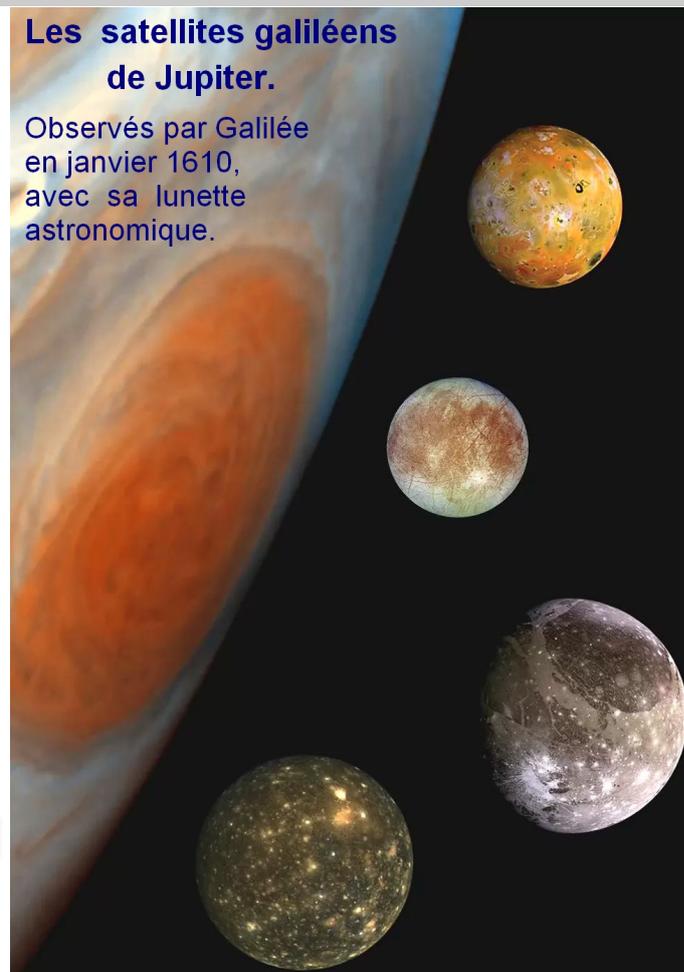


Cyril Cavel et Séverine Deschamps

« Nous avons un certain nombre de caméras haute résolution sur cette sonde dans toutes les longueurs d'onde possibles : dans l'infrarouge, le visible et l'ultraviolet », a expliqué l'ingénieur Cyril Cavel, en pointant une collection de boîtes suspendues à un côté du satellite argenté et noir. Le télescope dans le visible, à haute résolution, qui s'appelle Janus, prendra des photos fantastiques très près des lunes car la sonde fera des survols à seulement 400 km d'altitude.

## Les satellites galiléens de Jupiter.

Observés par Galilée en janvier 1610, avec sa lunette astronomique.



Carte de la surface glacée de Ganymède. La croûte recouvre un océan caché.

Un radar va scruter également l'intérieur des lunes ; le lidar (un système de mesure par laser) va permettre de réaliser des cartes 3D de leurs surfaces ; des magnétomètres traceront leurs environnements électriques et magnétiques complexes ; et des capteurs échantillonneront les particules qui tourbillonnent autour d'eux.

Juice ne recherchera pas de « biomarqueurs » spécifiques ; il n'essayera pas de détecter des poissons exotiques dans les profondeurs des océans. Son travail est d'en savoir plus sur les possibilités d'habitabilité que les futures missions pourraient ensuite explorer plus en détail. Les scientifiques ont longtemps réfléchi à l'idée de placer des atterrisseurs sur l'une des lunes glacées de Jupiter pour forer à travers sa croûte jusqu'à l'eau en dessous. Cela pourrait arriver un jour... peut-être dans la seconde moitié de ce siècle.



Cryobot... un robot pour explorer l'océan des lunes de Jupiter.



Façade « instrumentation » de Juice.  
La plupart de ses instruments sont sur un seul panneau.

Vous avez besoin de patience pour travailler dans le système solaire extérieur. Les orbites de la Terre et de Jupiter sont sans doute "seulement" distantes de 600 millions de kilomètres, mais vous ne pouvez pas facilement y aller directement, pas sans une fusée très puissante. Et même si l'Ariane 5 européenne est puissante, elle n'a pas cette capacité. Au lieu de cela, il enverra Juice sur une route plutôt détournée qui va utiliser la gravité de Vénus et de la Terre pour lancer la sonde vers la géante gazeuse.

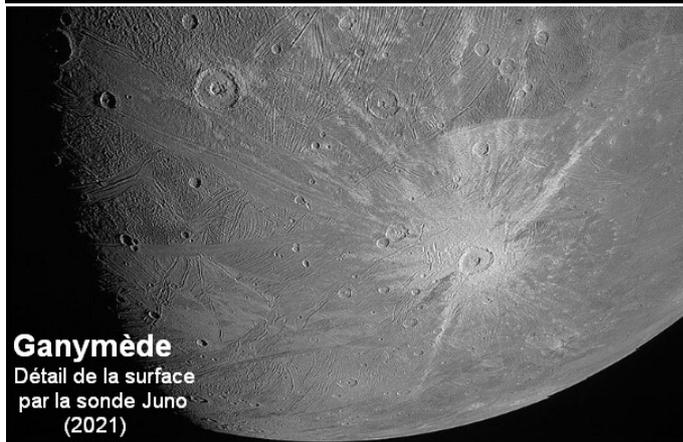
Juice est construit un peu comme un réservoir climatisé.

Et le long voyage, d'abord vers l'intérieur du Système solaire, vers Vénus, puis ensuite vers la géante gazeuse verra les températures à l'extérieur du satellite osciller de 250 °C à moins 230 °C. De plus, sans protection, son électronique se dégraderait rapidement dans le rayonnement violent qui tourbillonne autour de Jupiter. « *Nous avons deux grandes voûtes à l'intérieur du vaisseau spatial pour protéger les ordinateurs des radiations et les maintenir à travers un réseau de tuyaux caloporteurs au même niveau de température* », a expliqué l'architecte thermique Séverine Deschamps. « *Il en est de même pour le système de propulsion. Son fonctionnement doit être maintenu autour des 20°C, assez chaud, pour obtenir un bon niveau de performance lors des utilisations* ».

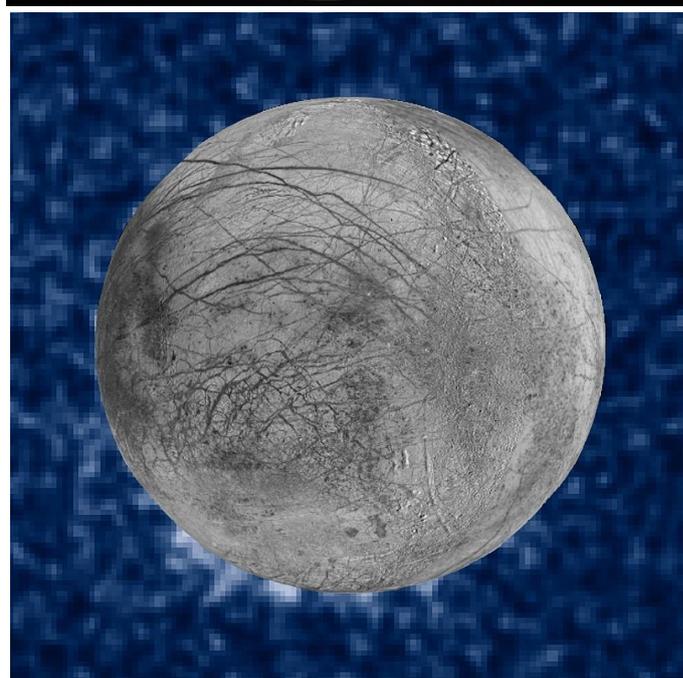
**Juice ne sera pas seul dans son travail. La sonde américaine Clipper devrait être lancée en 2024 et se concentrer sur la lune Europe. Bien que Clipper quittera la Terre après Juice, il devrait en fait arriver juste avant son frère européen mais va se concentrer sur l'étude d'Europe. Ensemble, les deux sondes spatiales vont former une puissante équipe.**



Ganymède

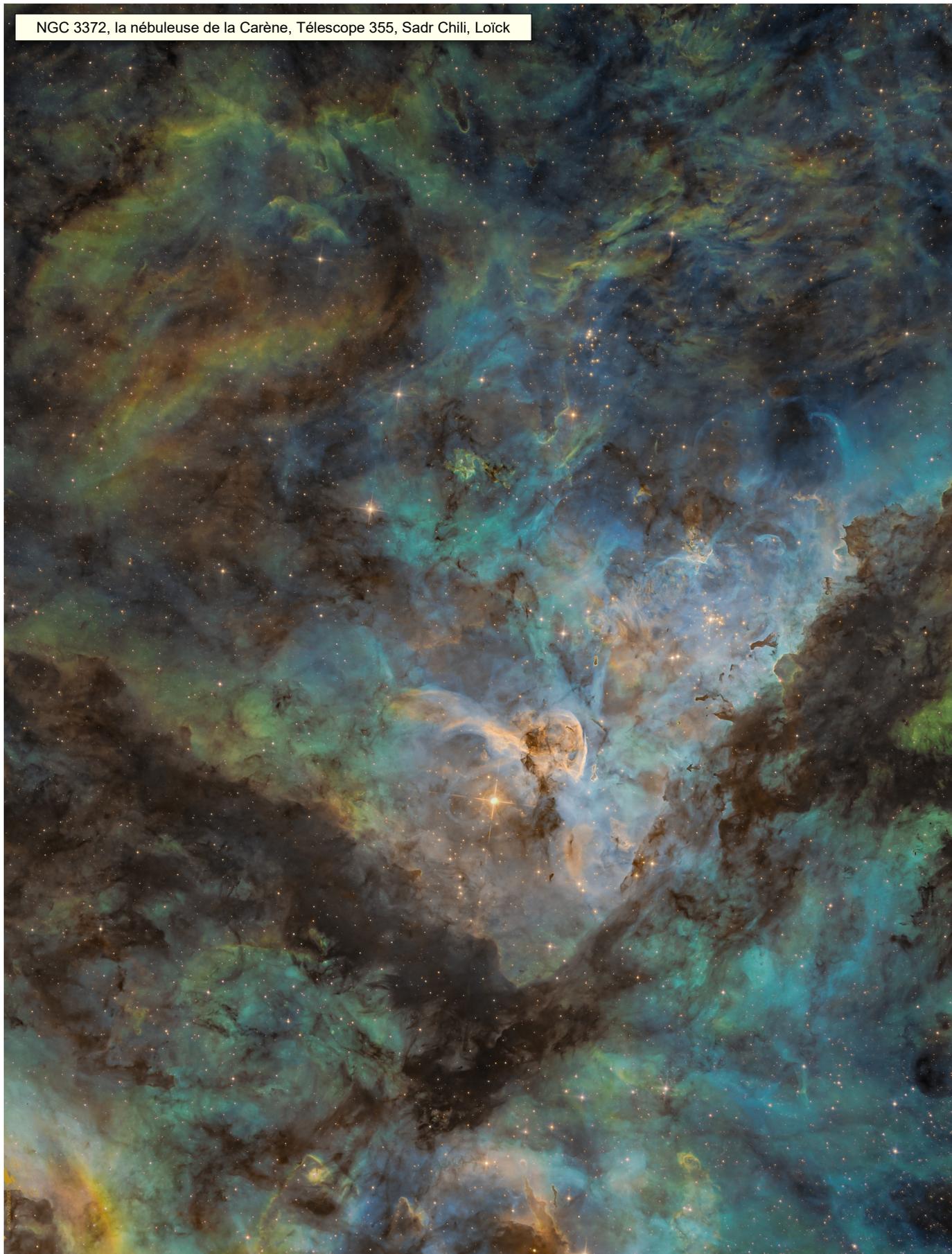


**Ganymède**  
Détail de la surface  
par la sonde Juno  
(2021)



Europe (photo composition révélant des éjections à la surface).

NGC 3372, la nébuleuse de la Carène, Télescope 355, Sadr Chili, Loïck



# C'est arrivé ce jour-là...

## mars 1973, il y a 50 ans

La comète Kohoutek est découverte par l'astronome tchèque Luboš Kohoutek le 18 mars 1973 à l'observatoire de Hambourg. Découverte alors qu'elle est encore à 74 millions de km du soleil, les astronomes prévoient un éclat exceptionnel évalué à -10 (c'est équivalent à l'éclat de la Lune seulement 2 jours avant un premier quartier par exemple). Les premiers calculs indiquent que sa période de révolution avoisine les 75 000 ans. Une importante campagne d'observation est lancée notamment avec les missions spatiales Skylab et Mariner 10 alors en route vers la planète Vénus. Les prévisions enthousiasmantes des scientifiques poussent les médias à qualifier la comète Kohoutek de « comète du siècle ». La comète doit passer au périhélie le 28 décembre 1973, mais sa magnitude n'est encore que de 5 dans le ciel du matin fin novembre ce qui la rend difficilement observable depuis le sol. L'équipage de la station spatiale Skylab observe



*La comète Kohoutek depuis l'observatoire de Catalina de l'université d'Arizona. Image prise avec un objectif de 35 mm le 11 janvier 1974.*



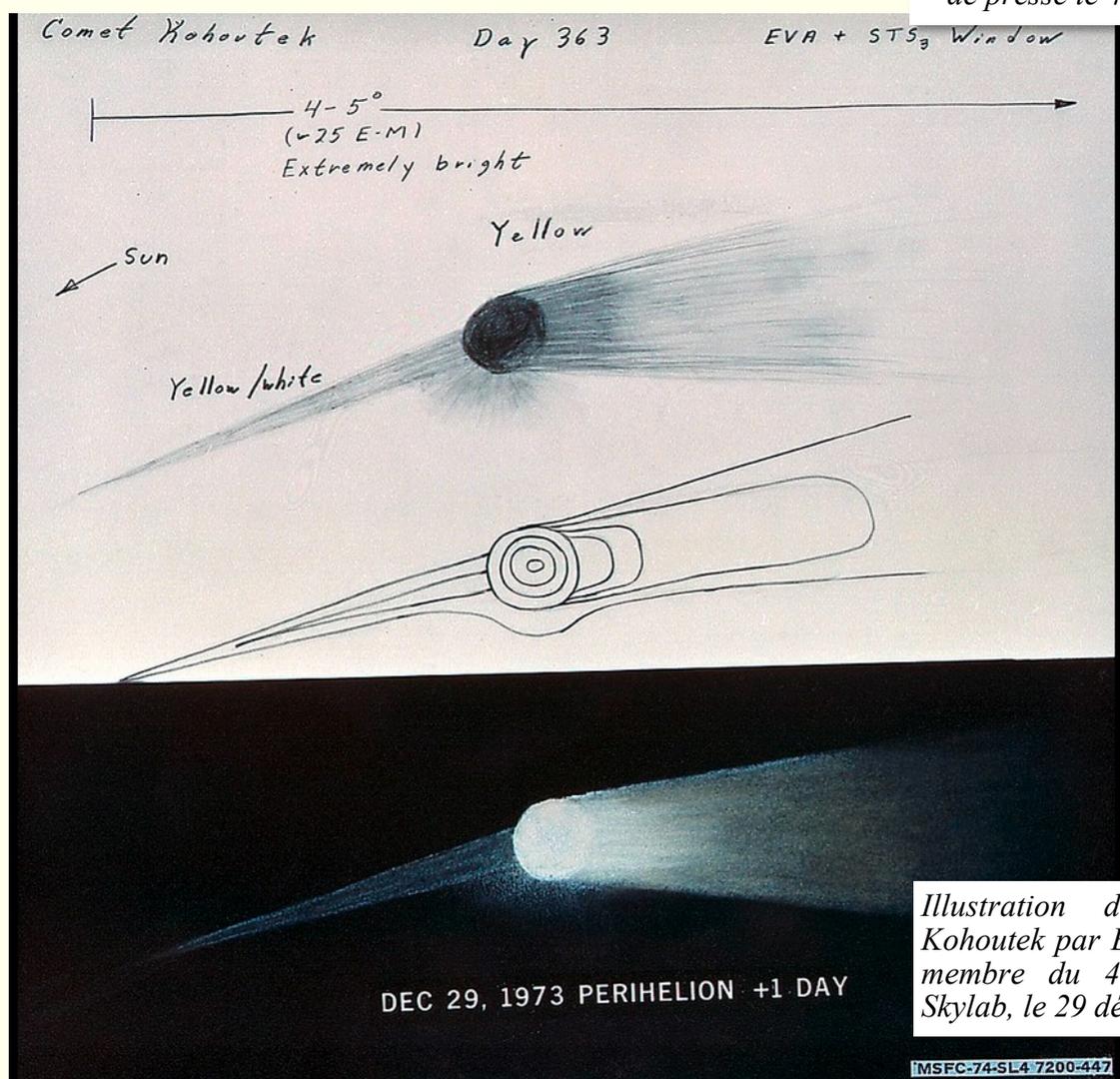
*Luboš Kohoutek au Centre spatial Johnson de la Nasa en communication avec l'équipage de Skylab pour les observations de la comète.*

la comète et estime sa magnitude à -3 alors qu'elle s'approche du Soleil. La comète passe au périhélie (au plus près de la Terre) le 28 décembre 1973. Après son passage au périhélie, elle est observée dans le ciel du soir avec une magnitude de 0 début janvier 1974. Sa queue s'étend sur près de  $25^\circ$  (50 fois le diamètre de la pleine Lune). Sa magnitude décline rapidement et à la mi-janvier sa magnitude tombe à 4 puis à 7 à la fin du mois. De « comète du siècle », elle deviendra très vite synonyme de comète la plus spectaculairement décevante. Les derniers calculs sur sa trajectoire montrent que son orbite est hyperbolique, elle ne reviendra plus près du Soleil et de la Terre et quittera définitivement le système solaire. Durant sa carrière d'astronome, Luboš Kohoutek a

découvert 5 comètes et 76 astéroïdes. L'astéroïde (1850) Kohoutek a été nommé en son honneur.



*Luboš Kohoutek en conférence de presse le 4 janvier 1974*



*Illustration de la comète Kohoutek par Edward Gibson, membre du 4<sup>e</sup> équipage de Skylab, le 29 décembre 1973.*

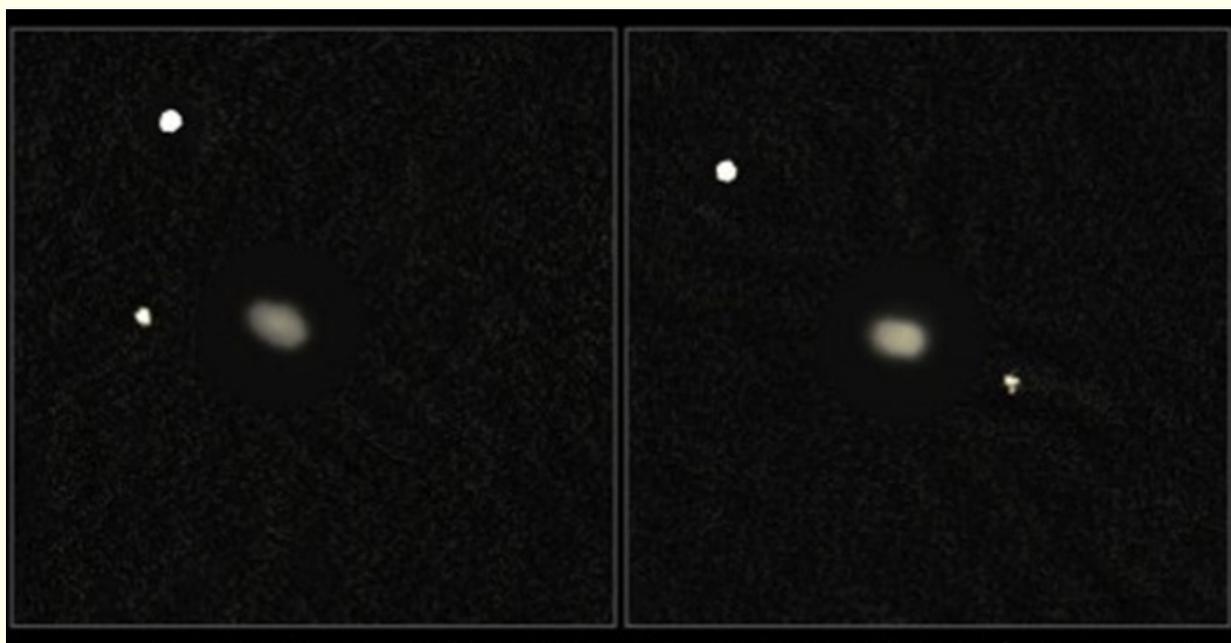
# C'est arrivé ce jour-là...

## Février 1873, il y a 150 ans

Christian Heinrich Friedrich Peters est né le 19 septembre 1813 dans une province qui faisait partie du Danemark avant d'être intégrée à la Prusse. Il devient élève de Carl Friedrich Gauss. Après avoir vécu quelques années en Italie et dans l'Empire Ottoman, il rejoint les Etats-Unis en 1854. Il travaille à Clinton dans l'état de New-York à l'observatoire du collège de Hamilton et devient l'un des premiers découvreurs d'astéroïdes avec 48 découvertes à son actif, depuis (72) *Féronie* le 29 mai 1861 jusqu'à (287) *Nephtys* le 25 août 1899. Le 17 février 1873, il découvre l'astéroïde (130) *Electre*. Au mois de décembre 2014, l'Unité 3 du VLT (Very Large Telescope), Melipal de 8,20 m de diamètre, équipée de l'instrument Sphere observe en détails (130) *Electre* pour d'abord en préciser la taille : 197 km. Les observations du VLT ont aussi permis de confirmer la présence d'un petit satellite, S/2003 (130) de 6 km de diamètre, découvert 11 ans plus tôt par le télescope américain Keck de 10 m de diamètre. Mais les observations ont également révélé la présence d'un second satellite baptisé S/2014 (130) dont la taille est estimée à 2 km. Les mesures spectrométriques confirment que les 2 petites lunes sont de même composition que l'astéroïde principal, ce qui laisse supposer qu'elles en ont été arrachés. Cette même année, une 3<sup>e</sup> lune a été découverte faisant d'*Electre* le seul astéroïde quadruple du système solaire.



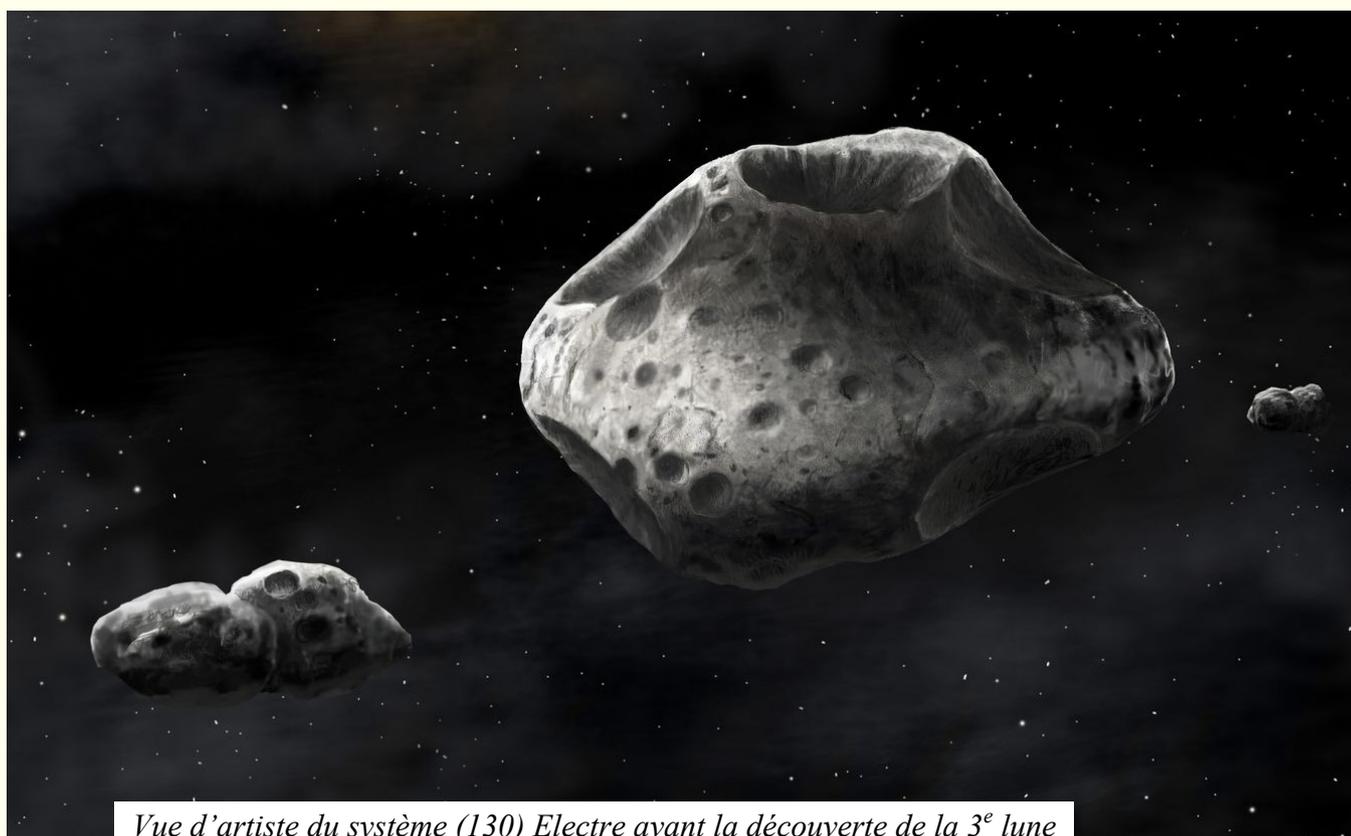
*Christian Peters (1813 - 1890)*



Ces images réalisées en décembre 2014 avec le VLT ont permis de découvrir un second satellite autour de (130) *Electre*



*Les 4 télescopes de 8,20 m du VLT : Antu, Kuyen, Melipal, Yepun*



*Vue d'artiste du système (130) Electra avant la découverte de la 3<sup>e</sup> lune*

# Décrypter le cosmos...

## M20

Télescope : Planewave CDK 17'', 42 cm  
Filtres : LRVB  
Total : 20h 30

Atria team



# M20

**La nébuleuse Trifide.** Elle est située à 5 220 al dans la constellation du Sagittaire. Elle fait partie des belles nébuleuses du ciel de l'été. Elle doit son nom à ses bandes de poussière qui la découpent en 3 parties (Trifide, pourrait se traduire par trilobée). Cette grande nébuleuse a donné naissance à de grosses étoiles bleues, chaudes, massives de type O ou B qui maintenant éclairent la nébuleuse. La région bleue de la nébuleuse est la nébuleuse par réflexion. Les poussières qui la composent ne font que réfléchir la lumière de la puissante étoile bleue en haut sur l'image.

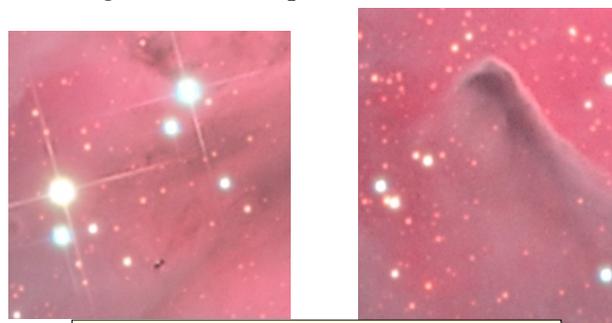


La région rouge est la nébuleuse en émission. Les atomes d'hydrogène sont excités par un système de 3 étoiles au centre. En se désexcitant, ils émettent cette couleur rouge caractéristique de l'hydrogène.

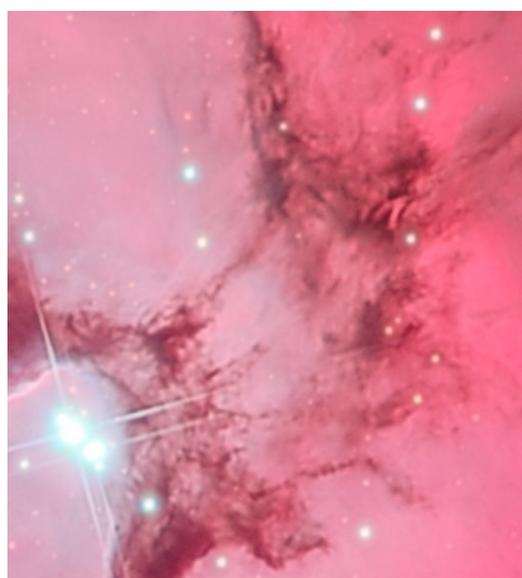


Les puissantes étoiles bleues ne peuvent exciter les atomes d'hydrogène que jusqu'à une certaine distance, au-delà, la nébuleuse n'émet plus de lumière. C'est cette région excitée qui fixe le diamètre apparent de la nébuleuse à 28 minutes d'arc, soit un diamètre réel de l'ordre d'une quarantaine d'années lumière. Mais ce n'est que la partie de la nébuleuse que le rayonnement du triplet d'étoiles au centre parvient à exciter, les atomes d'hydrogène sont encore présents bien au-delà de cette limite mais ils n'émettent que peu ou pas de lumière.

Ces étoiles soufflent aussi un vent stellaire qui sculpte la nébuleuse et creuse une cavité au centre en repoussant les gaz et les poussières. Les poussières se condensent en globules ou en piliers.



Petit globule à gauche, pilier vu de profil à droite



Les condensations de poussières se dirigent vers nous, les piliers sont vus de dessous, ils forment les filaments qui zèbrent le cœur de la nébuleuse et qui la rendent si caractéristique.

C'est de ces condensations en gaz et en poussières que se forment les étoiles les moins massives comme le Soleil. Les piliers sont de véritables nurseries, des pouponnières d'étoiles en formation, cachées dans leur gangue de poussière.



Image infrarouge vue par le télescope spatial Spitzer en 2005. Les poussières deviennent « lumineuses » en infrarouge car elles sont chauffées par le rayonnement des étoiles au centre de la nébuleuse.

Gros plan sur les jets de matière immortalisés par Atria

En janvier 2005, le télescope infrarouge Spitzer a découvert 30 protoétoiles et 120 jeunes étoiles, tout juste formées, encore invisibles car cachées par la poussière, mais que le rayonnement infrarouge peut mettre en évidence.

A 8 al des étoiles du centre de la nébuleuse se trouve une condensation de gaz et de poussière de laquelle on peut voir s'échapper 2 jets de matière. Ils sortent

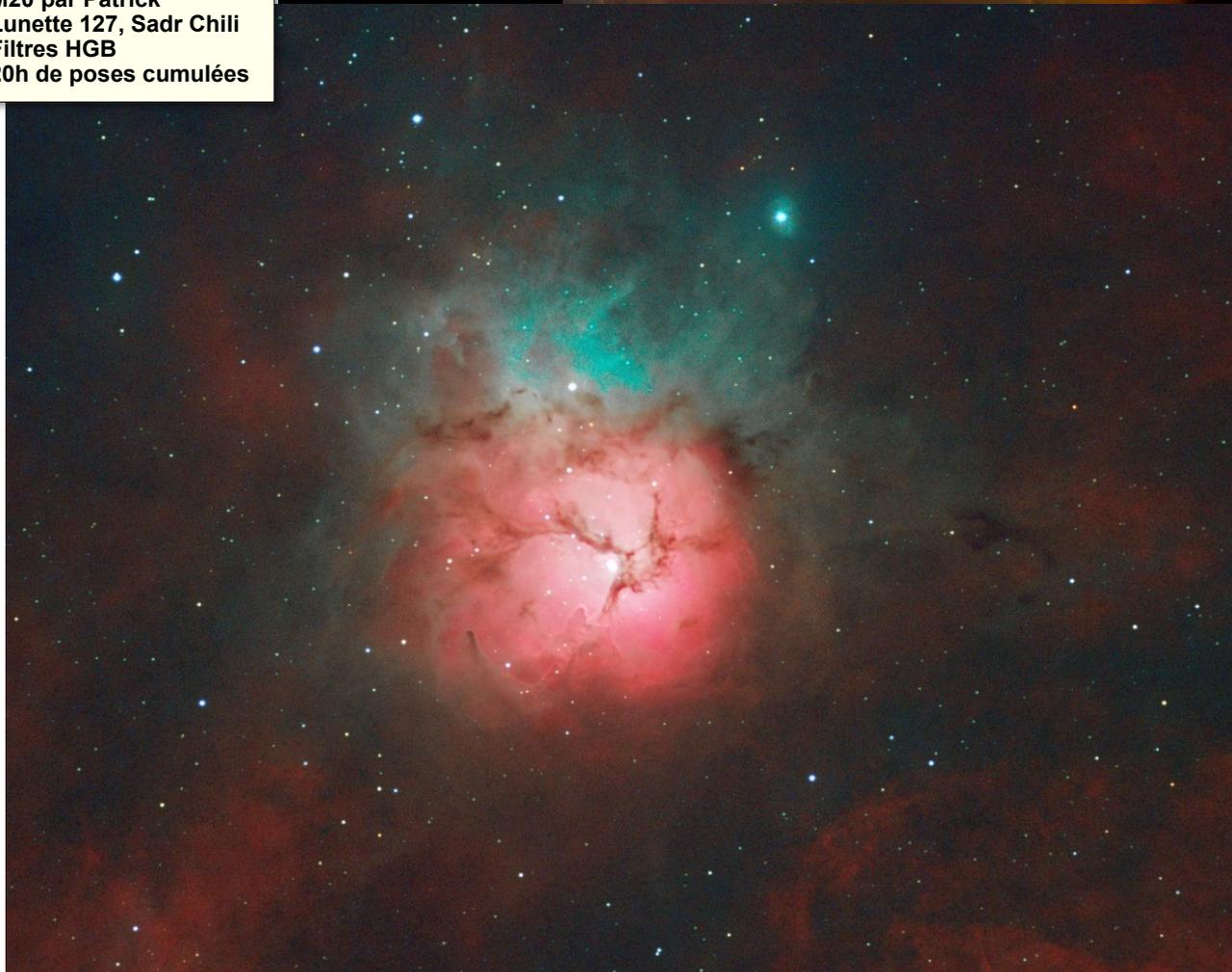
de la tête du nuage de poussière sur une longueur de 0,75 al, soit 7 500 milliards de km. La source de ces jets est une jeune étoile en formation à l'intérieur du nuage de poussière. Aux premiers stades de leur formation, les étoiles de type « soleil » passent par une phase variable, qu'on appelle T-Tauri, et parfois elles se transforment en objet de Herbig-Haro, identifiable par la présence de jets. En l'occurrence il s'agit de l'objet HH399. Dans quelques millions d'années, lorsque le pilier de poussière aura été entièrement érodé par le rayonnement des étoiles

centrales et lorsque le tout jeune soleil se sera définitivement allumé, il chassera une bonne partie des poussières de son environnement et des planètes se formeront dans son disque d'accrétion.

Hubble, « la licorne »  
Photo prise en 2004



M20 par Patrick  
Lunette 127, Sadr Chili  
Filtres HGB  
20h de poses cumulées





# Galerie

C/2022 E3 ZTF, Christian



*Christian Bentmeunt*  
Astrophotographie

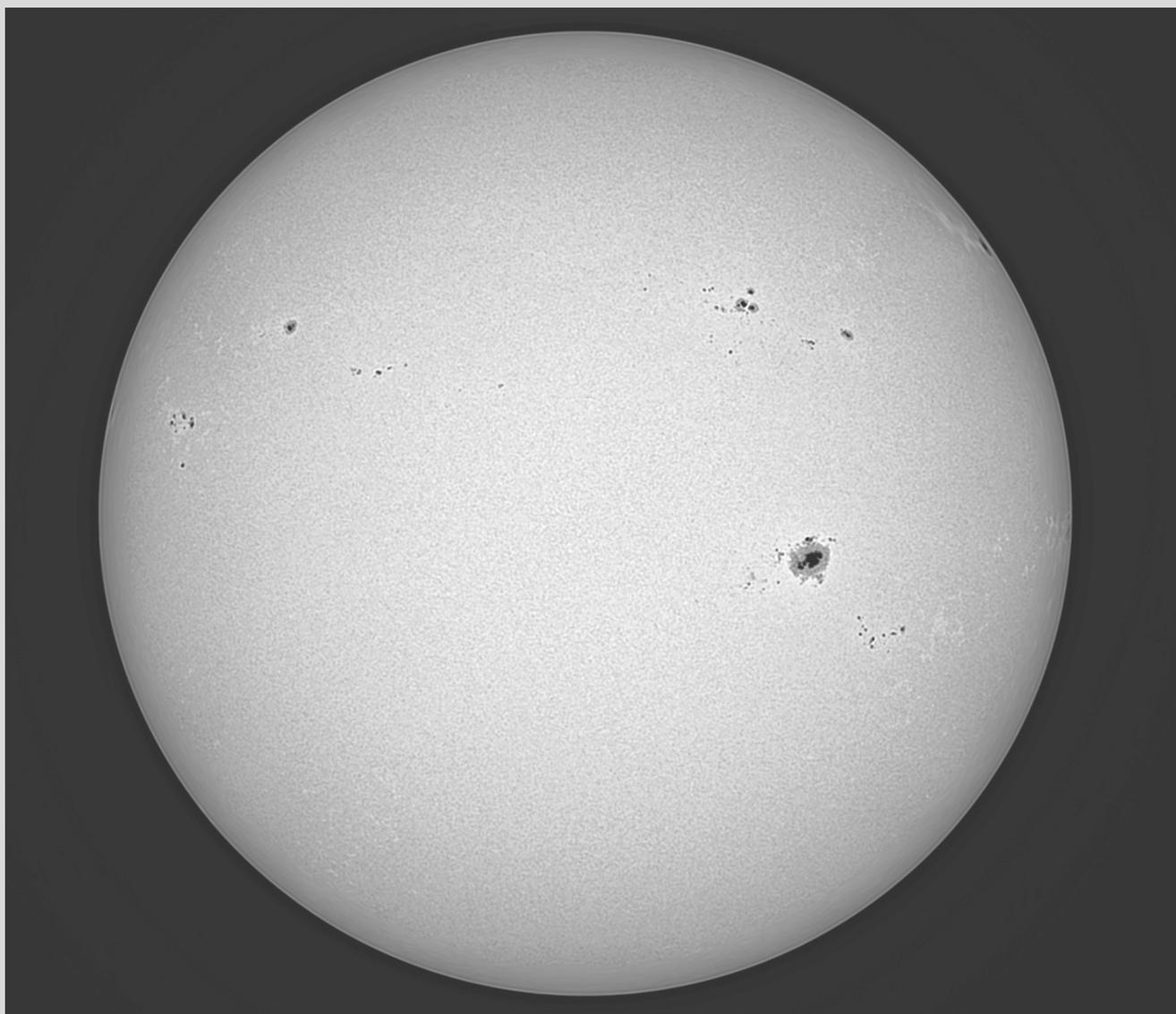
C/2022 E3 ZTF, Paul-Henri





# Galerie

Le Soleil , Christian



La nébuleuse de la tête de cheval, Christian



**Albireo78**  
saison 2022-2023



www.albreo78.com

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



61 membres

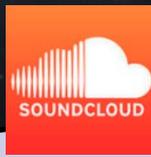


**Observations**  
Gratuites et pour tous :  
Emancé / Mesnil St Denis



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

**Newsletter**  
191 abonnés



**« En route vers les étoiles »**  
Notre émission radio  
18 saisons, 187 émissions,  
783 chroniques scientifiques

**Facebook**  
637 abonnés

**Soundcloud**  
296 abonnés



**L'Albireoscope**  
45 abonnés