

Numéro 96

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

Albireo<sup>78</sup>

été 2021

# L'ALBIREOSCOPE



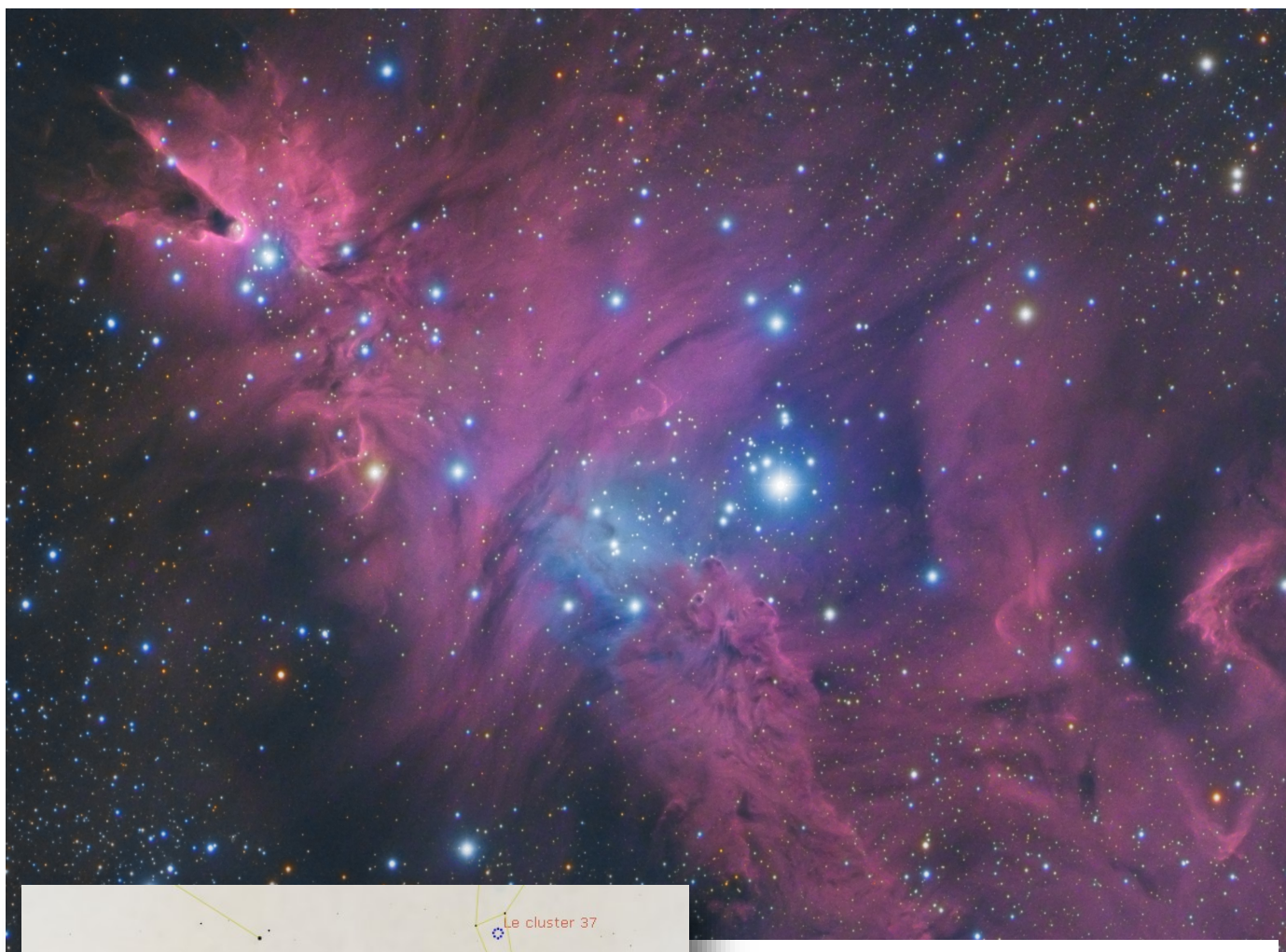
*l'ère « Space Shuttle »*

*les grands observatoire : en simulateur de vol*

*Fabien*

*Sadr*





## NGC 2264, la nébuleuse de l'arbre de Noël

**Constellation** : la Licorne

**Instrument** : lunette 71 mm

**Image** : Ha 80x300, R,V,B 30x120

**Total** : 11 h

**Fabien**

L'amas de l'arbre de Noël au centre de cette grande nébuleuse se trouve à 2080 al de la Terre. Cet amas ouvert referme un peu moins de 50 étoiles jeunes : 9 millions d'années. Le vaste complexe nébuleux qui entoure l'amas couvre une zone de  $3^\circ$  dans le ciel soit 6 fois la pleine Lune. Les parties bleues, les nébuleuses par réflexion, ne font que renvoyer la lumière bleue des jeunes étoiles. Les parties rouges révèlent la présence de l'hydrogène qui est excité par le rayonnement des jeunes étoiles et qui, en se désexcitant, émet cette couleur rouge caractéristique de beaucoup de nébuleuses dans le ciel.

# Sommaire

## 4



### L'ère « Space Shuttle »

L'histoire des 30 années du Service de Transport Spatial de la NASA. (1ère partie)

*Michel*

## 34

### C'est arrivé ce jour-là...

Des événements qui se sont déroulés en juin, il y a 130 ans, 250 ans...



## 38

### le survol des grands observatoires



*Fabien*

Visite des grands observatoires dans un simulateur de vol.

## 48

### Galerie photos

Les photos les plus récentes de nos membres...





*Les 30  
années  
de l'ère  
"SPACE SHUTTLE"*

*STS-1 Columbia 1981*

*« Le destin n'est pas une question de hasard,  
c'est une question de choix.  
Ce n'est pas une chose à attendre,  
c'est une chose à accomplir ».*

*William Jennings Bryan (1860 -1925)*

*Une idée née dans des temps instables devient un exploit  
d'ingénierie et d'excellence.*



*La machine la plus  
complexe jamais construite  
pour amener les humains  
vers et depuis l'espace  
et qui, finalement, va  
construire la prochaine  
étape sur la route de  
l'exploration spatiale.*





Trente années de service,

Un héritage inégalé,

Des tragédies surmontées,

Des prouesses...



C'est le 12 avril 1981 que la navette spatiale Columbia effectue son vol inaugural avec la mission STS-1 (Space Shuttle Transport), un vol qui débute l'ère « navette spatiale » américaine. C'est le premier vol d'un vaisseau spatial réutilisable. En novembre de la même année, Columbia repartira dans l'espace avec la mission STS-2.





La navette spatiale (Space Shuttle) était un système de vaisseau spatial en orbite terrestre bas, (partiellement) réutilisable exploité par la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Son nom de programme officiel était « Space Transportation System » (STS), tiré d'un plan établi en 1969 pour un système de vaisseau spatial réutilisable dont il était le seul élément financé pour le développement.

De 1981 à 2011, 135 missions seront effectuées, et toutes lancées depuis le Kennedy Space Center (KSC) en Floride. Pendant cette période, la flotte « Space Shuttle » a enregistré 1 322 jours, 19 heures, 21 minutes et 23 secondes de temps de vol. Le programme a transporté un total de 355 personnes représentant 16 pays.

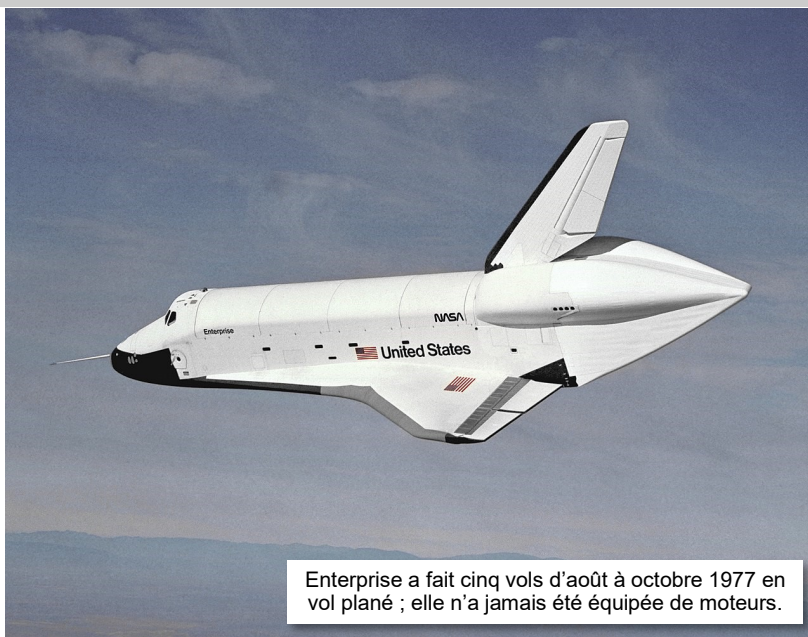
La première navette qui a été construite est « Enterprise » ; elle a été utilisée pour les essais en vol atmosphérique, et valider l'aérodynamisme de l'avion spatial. Cependant, les projets futurs de la mettre à niveau en capacité orbitale ont finalement été annulés, et certains de ses éléments ont servi pour la dernière mission du programme. Quatre navettes entièrement opérationnelles ont été initialement construites : Columbia, Challenger, Discovery et Atlantis. Challenger et Columbia ont été détruites dans des accidents de mission en 1986 et 2003 respectivement, tuant un total de quatorze astronautes.

Une cinquième navette opérationnelle, Endeavour, a été construite en 1991, pour remplacer Challenger.

La flotte « navette spatiale » a été retirée du service à la fin de la mission STS-135 par Atlantis, le 21 juillet 2011.

La première mission de la navette est STS-1 et la dernière ST-135. Au départ, les lancements recevaient des numéros séquentiels indiquant l'ordre de lancement, comme STS-7. À la suite de l'accident d'Apollo 13, en raison de la triskaïdékaphobie (peur du nombre 13) de l'administrateur de la NASA James Beggs, et de la réticence conséquente à numérotter le 13<sup>ème</sup> vol à venir comme STS-13 (en 1984), chaque mission s'est vue assigner un code, tel que STS-41-B, avec le premier chiffre (ou paire de chiffres pour les années 1990 et au-delà) indiquant le décalage de l'année fiscale fédérale dans le programme (donc 41-B était prévu pour l'année fiscale 1984, 51-A à 51-L à l'origine pour l'année fiscale 1985, et le troisième vol de l'année fiscale 1995 aurait été nommé 51-C, le deuxième chiffre indiquant le site de lancement (1 était le Kennedy Space Center et 2 était le Space Launch Complex 6 (SLC) à Vandenberg Air Force Base (bien que Vandenberg n'ait jamais été utilisé), et la lettre indiquait la séquence d'ordonnement. Ces codes ont été attribués lorsque les lancements ont été initialement programmés et n'ont pas été modifiés car des missions ont été retardées ou reprogrammées. Les codes ont été adoptés de STS-41-B à STS-51-L (bien que le code le plus élevé utilisé soit en fait STS-61-C), et les numéros séquentiels ont été utilisés en interne à la NASA sur tous les documents de traitement.

Après la catastrophe de Challenger, la NASA a recommencé à utiliser un système de numérotation séquentielle, le nombre comptant depuis le début du programme STS. Cependant,



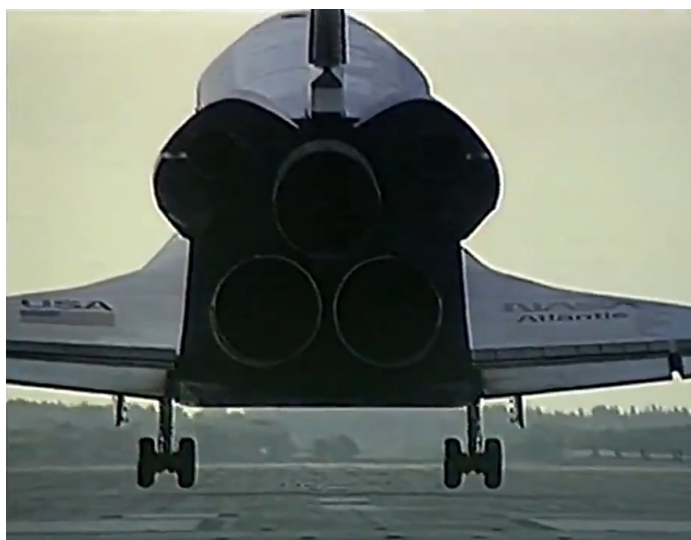
Enterprise a fait cinq vols d'août à octobre 1977 en vol plané ; elle n'a jamais été équipée de moteurs.

contrairement au système initial, les numéros étaient attribués en fonction du calendrier initial de la mission et ne reflétaient pas toujours l'ordre de lancement réel. Ce schéma de numérotation a commencé à 26, avec le premier vol en tant que STS-26R - le suffixe R signifiait « reflight » pour lever l'ambiguïté des missions précédentes. Le suffixe a été utilisé pendant deux ans jusque STS-33R, puis le R a été abandonné.

En raison des changements dans les systèmes, les vols sous différents systèmes de numérotation pouvaient avoir le même numéro, avec une lettre en annexe et, par exemple, le vol STS-51 (une mission effectuée par Discovery en 1993) a eu lieu de nombreuses années après STS-51-A (deuxième vol de Discovery en 1984). Ce n'est qu'avec le vol STS-127, en 2009, avec Endeavour, que le système de numérotation des vols est revenu à un ordre standard et cohérent.

Bref, on ne saurait faire plus simple, n'est-ce pas ?

Cela étant compris, la suite de l'histoire va vous paraître plus cohérente...





## Les sites de lancement et d'atterrissage de la navette spatiale :



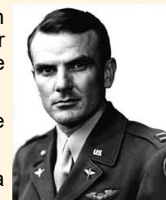
**Edwards Air Force Base** : c'était un point d'eau pour le chemin de fer de Santa Fe à partir de 1882, mais le site était en grande partie instable jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle. Aujourd'hui, Edwards Air Force Base est une installation de l'US Air Force située dans le comté de Kern à Edwards, en Californie, à environ 35 km au nord-est de Lancaster, à 24 km à l'est de Rosamond, et à 8,9 km au sud de California City.



Northrop YB-49

C'est en décembre 1949, que ce site a été baptisé Edwards Air Force Base, en l'honneur du capitaine Glen Edwards (1918-1948), tué un an plus tôt dans l'écrasement de l'aile volante Northrop YB-49

L'une des principales raisons de la croissance d'Edwards AFB était la proximité des aviateurs de la côte ouest. Cependant, une autre raison majeure était la décision en 1947 de construire une installation d'essai de missiles sur cette base.



Glen Edwards

C'est le siège du centre de essais de l'armée de l'air, de l'école de pilote d'essai de l'armée de l'air et du centre de recherche en vol « *Armstrong Flight Research Center* » de la NASA. Il s'agit du centre de commandement du matériel de l'Armée de l'air pour mener et soutenir la recherche et le développement de vol, ainsi que pour tester et évaluer les concepts des systèmes aérospatiaux au combat. Il héberge également de nombreuses activités de test menées par l'industrie aérospatiale commerciale américaine.

Les événements notables à Edwards incluent le vol de Chuck Yeager, qui a franchi le mur du son dans le Bell X-1, les vols d'essai du North American X-15, les premiers atterrissages de la navette spatiale et le premier vol autour du monde, sans escale et sans ravitaillement, du Rutan Voyager (un avion dessiné par Burt Rutan), en décembre 1986.

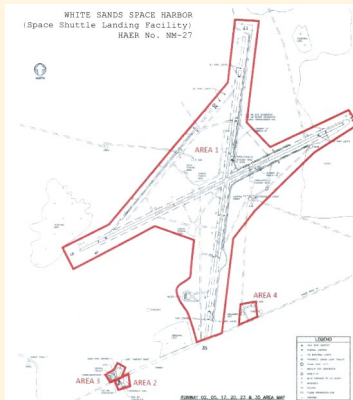


Rutan Voyager arrive à Edwards

**White Sands Space Harbor (WSSH)** : est un port spatial qui était autrefois utilisé comme piste pour la navette spatiale, un site d'essai pour la recherche sur les fusées, et la principale zone de formation utilisée par la NASA pour les pilotes de la navette spatiale pratiquant les approches et les atterrissages dans les avions d'entraînement de la navette et les avions T-38 Talon. Avec ses pistes, ses aides à la navigation, son éclairage de piste et ses installations de contrôle, il a également servi de site d'atterrissage de secours pour la navette. Le WSSH fait partie de l'installation d'essai de White Sands, et il est situé à environ 50 kilomètres à l'ouest d'Alamogordo, au Nouveau-Mexique, dans les limites du champ de tir de White Sands.

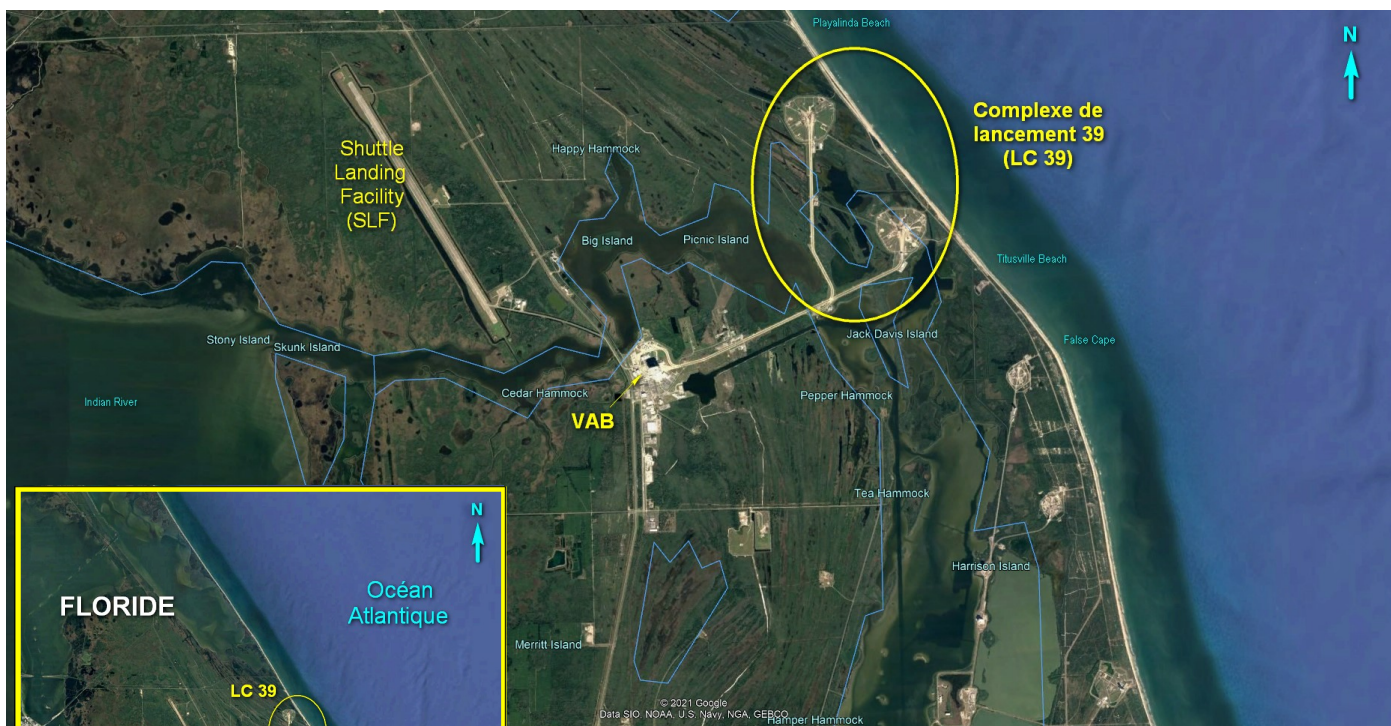
En 1976, la NASA a choisi Northrup Strip comme site de formation des pilotes de navette. Une deuxième piste a été ajoutée traversant la piste d'atterrissage nord-sud d'origine, et en 1979, les deux pistes du fond du lac ont été allongées à 10 668 m, ce qui comprend une piste utilisable de 4 572 m, avec des extensions de 3 048 m sur l'une ou l'autre extrémité, pour permettre à *White Sands Space Harbor* de servir d'installation d'atterrissage de secours. Alors que le port spatial a été activé comme site d'atterrissage de secours pour STS-116 en raison de mauvaises conditions météorologiques à la fois sur la base aérienne d'Edwards (vents de travers élevés) et au centre spatial Kennedy (nuages et pluie), White Sands n'a été utilisé que pour un seul atterrissage de la navette spatiale, celle de la navette spatiale Columbia le 30 mars 1982 pour le vol STS-3.

Le Starliner Calypso de Boeing est revenu d'un vol d'essai orbital de 49 heures, à 12 h 57 UTC le 22 décembre 2019 à l'intersection des pistes 17/35. Ce n'était que la deuxième fois qu'un véhicule orbital revenait sur Terre à White Sands.



Map shows the location of Areas 1, 2, 3, and 4, which comprise the White Sands Space Harbor. Area 1 delineates the approximately 4,900-acre NRHP boundary of the WSSH Shuttle Landing Facility District (Courtesy of NASA WSPF).

## Kennedy Space Center - Complexe de lancement 39 du Centre spatial Kennedy :



Le « **Launch Complex 39** » (LC-39) est un site de lancement de fusées du **Kennedy Space Center** sur Merritt Island en Floride, aux États-Unis. Le site et ses installations ont été construits à l'origine sous le nom de « **Moonport** » pour le programme Apollo. Des modifications ont été ensuite réalisées pour satisfaire au programme de la navette spatiale.

Le complexe de lancement 39 se compose de trois sous-complexes de lancement (39A, 39B et 39C), un énorme bâtiment d'assemblage de véhicules (VAB), une voie à chenilles (crawlerway) utilisée par les transporteurs sur chenilles (Crawlers) qui déplacent les plateformes de lancements mobiles entre le VAB et les pas de tir, des bâtiments dédiés aux préparations et reconditionnement des navettes spatiales, un centre de contrôle de lancement et une installation de presse, célèbre pour son compte à rebours géant que l'on voit à la télé, et divers bâtiments de soutien logistique et opérationnel. La piste SLF pour l'atterrissage de la navette, ou de son avion porteur, mesure un peu plus de 4 km.

La NASA avait commencé à modifier le Launch Complex 39B en 2007 pour accueillir le programme Constellation maintenant disparu, mais le prépare actuellement pour le programme Artemis, dont le premier lancement est prévu en fin d'année 2021, si tout va bien. Le pas de tir 39C, qui aurait été une copie des 39A et 39B, était à l'origine prévu pour Apollo mais n'a jamais été construit. Une aire plus petite, également désignée 39C, a été construite de janvier à juin 2015 pour accueillir des petits lanceurs. SpaceX loue le Launch Complex 39A à la NASA, et a modifié la plateforme pour prendre en charge le lancement des fusées Falcon 9 et Falcon Heavy. Le centre de contrôle des lancements de la NASA (LCC) est situé à 4,8 km des aires de lancement de LC 39.

Pour l'histoire : en 1961, le président Kennedy a proposé au Congrès son objectif de faire atterrir un homme sur la Lune avant la fin de la décennie. L'approbation du Congrès a conduit au lancement du programme Apollo, qui a nécessité une expansion massive des opérations de la NASA, y compris une expansion des opérations de lancement de Cap (occupé par les militaires) à l'île adjacente de Merritt au nord et à l'ouest. La NASA a commencé l'acquisition de terrains en 1962 (340 km<sup>2</sup>), et aussi en négociant avec l'État de Floride pour 230 km<sup>2</sup> supplémentaires. Le 1er juillet 1962, le site a été nommé « Launch Operations Center » (Centre des opérations de lancement).

Après le lancement de Skylab en 1973, le pas de tir 39A a été reconfiguré pour la navette spatiale, avec la mission STS-1 en 1981, réalisée avec Columbia. Après Apollo 10, le Pad 39B avait été conservé comme installation de lancement de secours dans le cas de la destruction de 39A, mais il avait été utilisé pendant les trois missions Skylab, le vol d'essai Apollo-Soyouz et un vol d'urgence Skylab Rescue qui n'est jamais devenu nécessaire. Après le projet d'essai Apollo-Soyouz, le 39B a été reconfiguré de la même manière que le 39A ; mais en raison de modifications supplémentaires (principalement pour permettre à l'installation de desservir un étage supérieur Centaur-G modifié, et aussi à cause de restrictions budgétaires), il n'a pas été prêt avant 1986. Le premier vol de navette à l'utiliser était STS-51-L, un vol tragique hélas, avec la catastrophe de Challenger. La première mission de retour en vol de la navette est STS-26, avec Discovery qui a été lancée à partir du 39B.

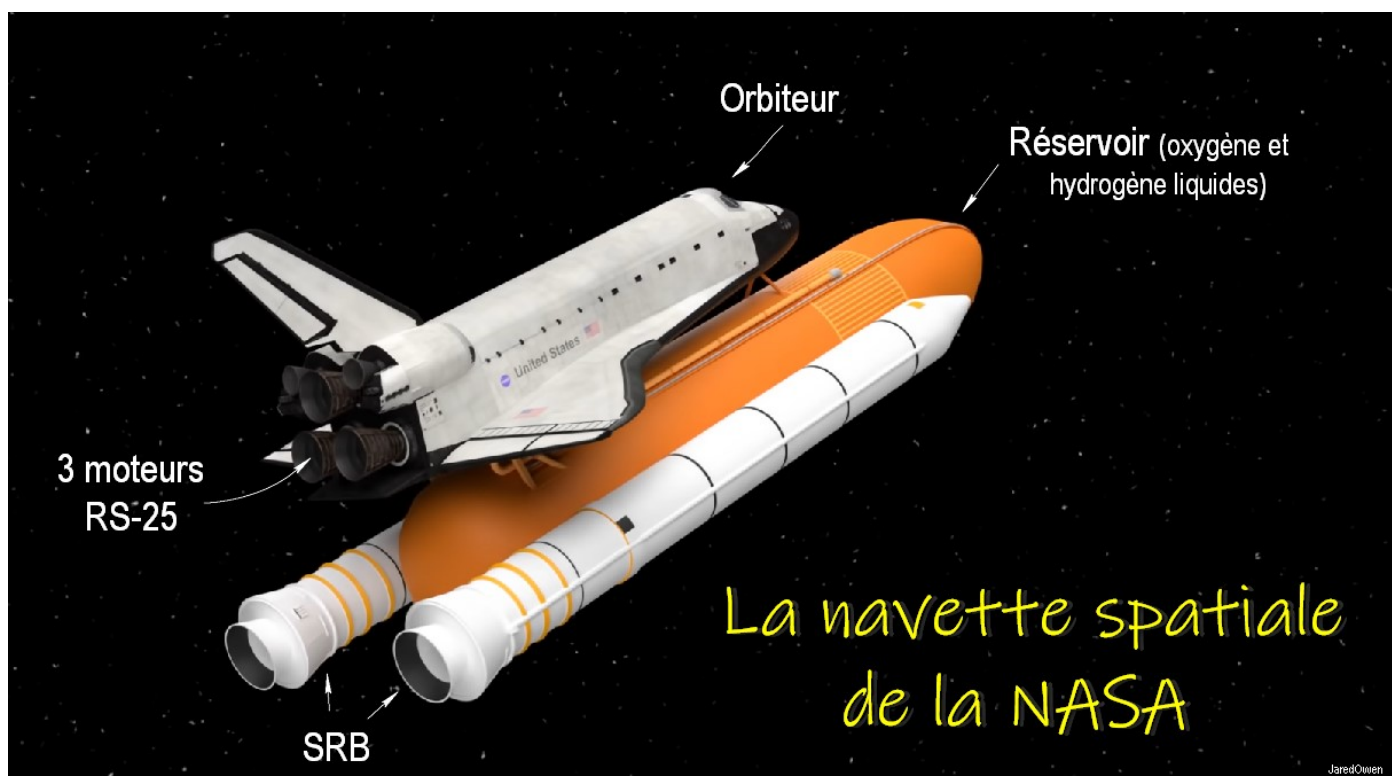
Vue aérienne du complexe 39 en mars 2006





La navette spatiale est en fait un ensemble constitué de trois éléments principaux :

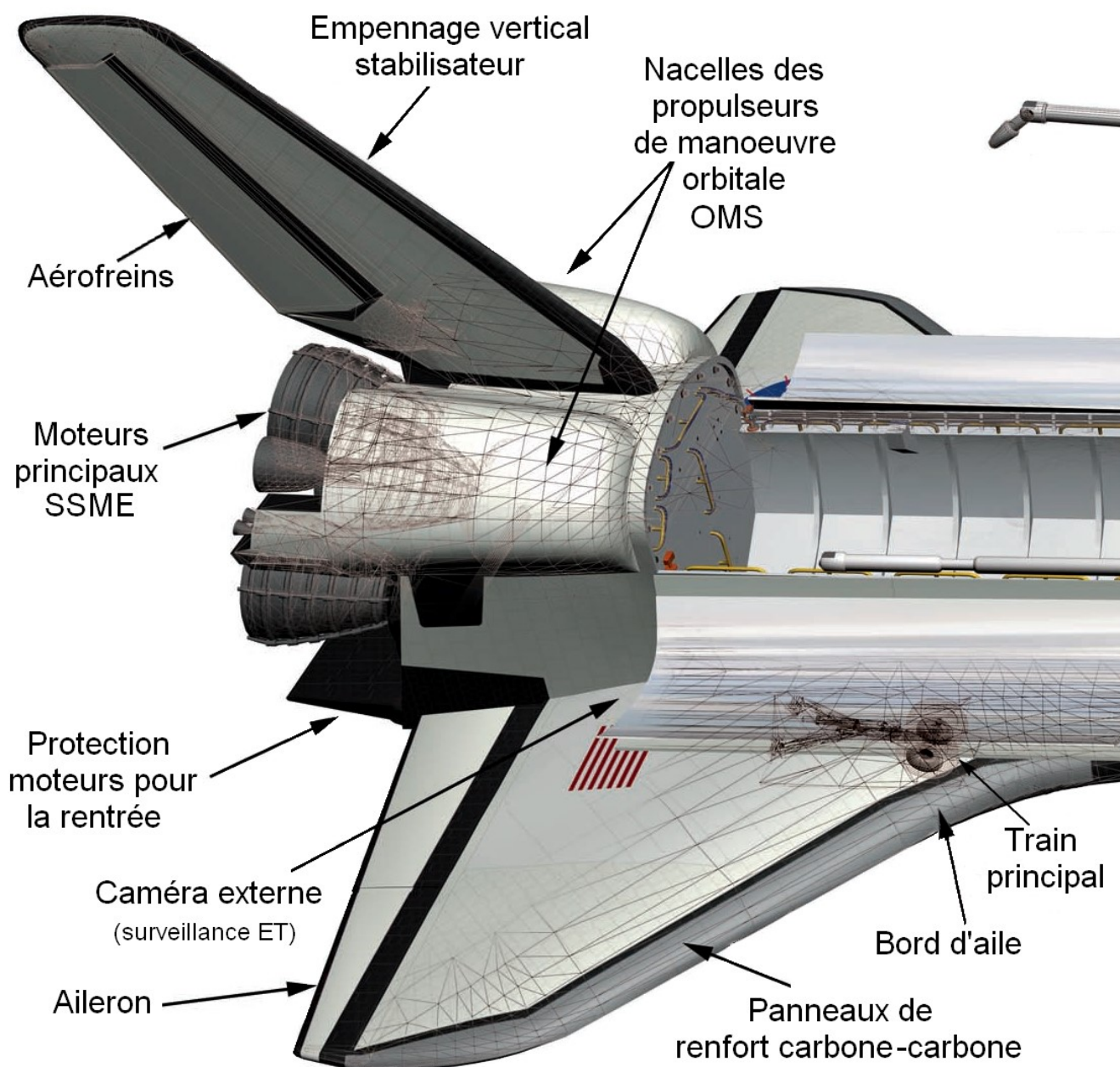
- **les 2 SRB** (Solid Rocket Booster), qui donnent la poussée maximum au décollage pour envoyer l'ensemble dans l'espace,
- **le réservoir externe d'hydrogène et d'oxygène liquide** (ET external tank), qui va alimenter les 3 moteurs RS-25 à l'arrière de l'orbiteur, qui sont orientables : les SSME, Space Shuttle Main Engines,
- **l'orbiteur**, plus connu par le public sous le nom de « **navette spatiale** », terme utilisé ici pour décrire cet avion spatial.



Et la navette se comporte effectivement comme un avion, lors de son retour vers la Terre après son périple dans l'espace. Toutefois, la marge de manœuvre pour effectuer l'atterrissage est réduite car les pilotes ne peuvent pas compter sur des moteurs pour la conduire n'importe où : c'est du vol plané, une procédure d'urgence classique pour un avion en panne de moteur... mais qui nécessite un bon entraînement.



*14 novembre 2008, Endeavour termine sa mission STS-126, et se pose à Edwards.*



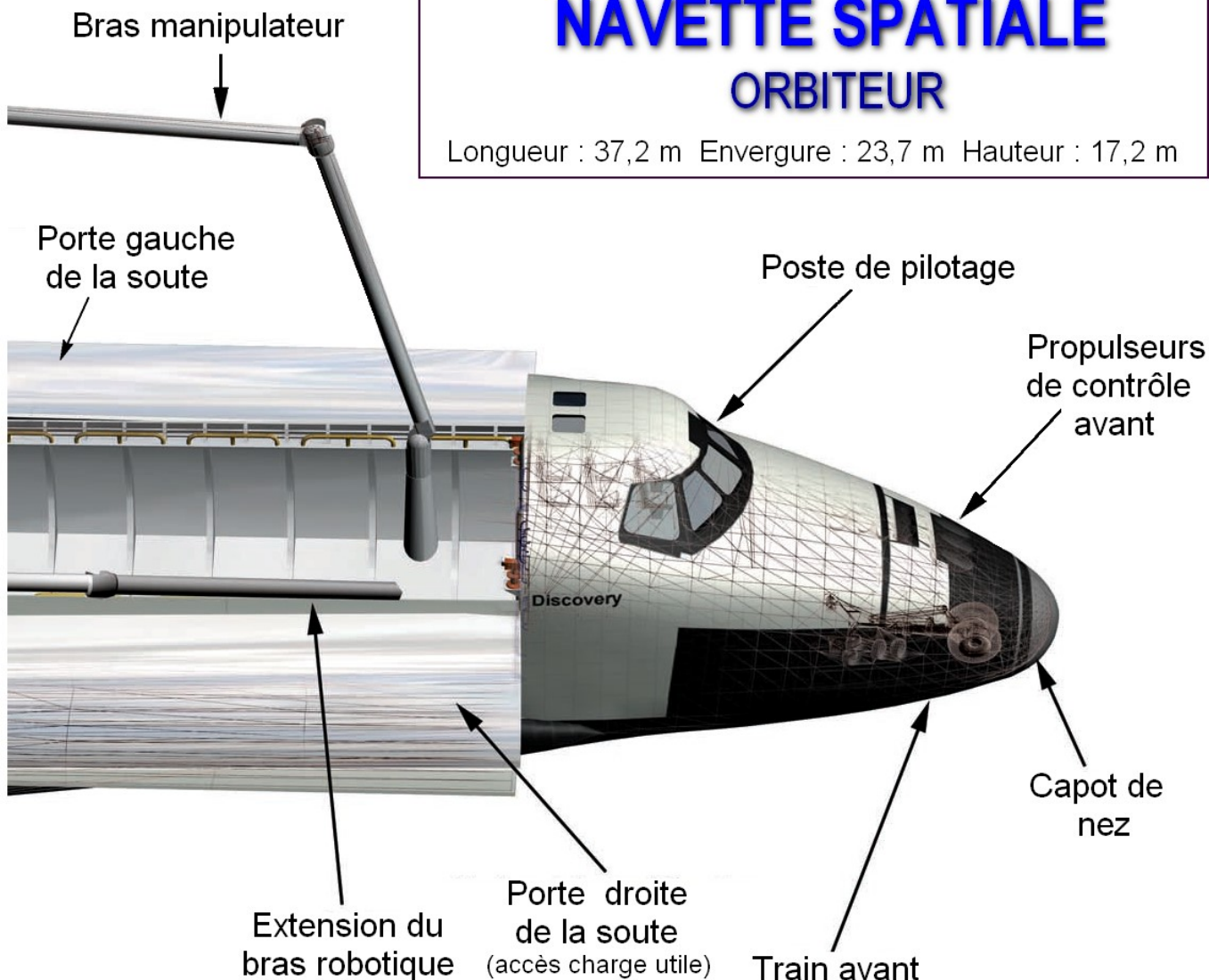
La partie orbiteur de la navette spatiale, classiquement appelée navette spatiale, est donc un avion réutilisable de la taille d'un DC-9, avec des ailes delta. La navette est équipée de 3 moteurs réutilisables à propergols liquides. La durée de vie prévue pour une navette est de 100 missions. La flotte originale, dans l'ordre de leur première mise en service est : Columbia, 12 avril 1981 (STS-1) - Challenger, 4 avril 1983 (STS-6) - Discovery, 30 août 1984 (STS-41-D) - Atlantis, 3 octobre 1985 (STS-51-J) et Endeavour, 7 mai 1992 (STS-49). Challenger a été détruite lors de son lancement le 28 janvier 1986. Columbia a été perdue à son retour de mission (STS-107) le 1er février 2003. Les navettes ont été nommées d'après les noms de bateaux de légende qui ont établi de nouvelles frontières, par la recherche et l'exploration de terres lointaines ; ces noms sont associés à la partie orbiteur uniquement ; SRB et External tank ne servent que lors du lancement et le public ne les a jamais considérés comme des références pour la navette spatiale... et pourtant, ils jouent un rôle essentiel pour envoyer 2 000 t dans l'espace avec une poussée globale d'un peu plus de 30 MN (31,1 millions de newtons), en emportant une charge utile d'un peu moins de 25 t. Toutefois, seuls les SRB sont conçus pour être récupérés en mer, et réutilisés une vingtaine de fois. L'énorme ET se détruit dans l'océan lointain, après sa séparation d'avec la navette quand celle-ci est passée de l'autre côté de la Terre.



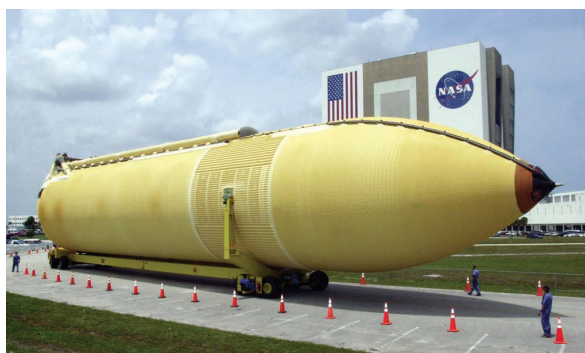


# NAVETTE SPATIALE ORBITEUR

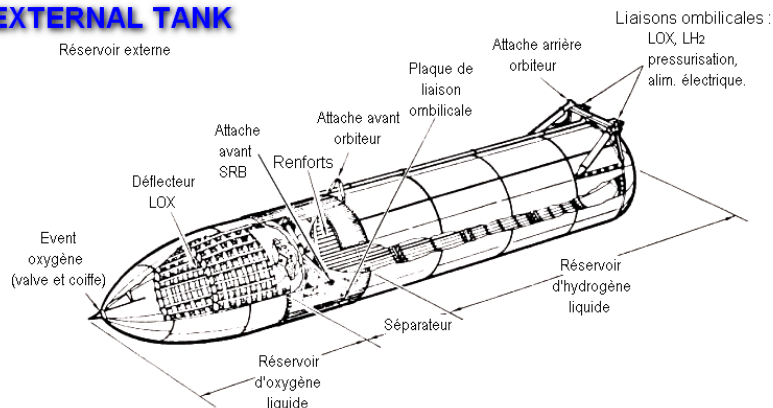
Longueur : 37,2 m Envergure : 23,7 m Hauteur : 17,2 m



Le réservoir externe arrive au KSC par voie maritime, dans une barge spécialement aménagée.



## EXTERNAL TANK



Bien que l'atterrissage de la navette paraisse simple, il n'en est pas de même pour partir dans l'espace car l'attraction terrestre nécessite de l'énergie pour la combattre ; la navette va donc s'entourer de renforts :

- ◆ les SRB, et un énorme réservoir d'hydrogène et d'oxygène liquides pour alimenter ses 3 moteurs.

Autant dire que les astronautes sont entourés d'une poudre lors du décollage, et ils doivent être bien conscients des risques encourus, même si toutes les précautions ont été prises. Comparativement au nouveau programme d'équipage commercial de la NASA avec SpaceX et sa Falcon 9 qui emporte Crew Dragon dans l'espace, un décollage de navette spatiale semble énorme, monstrueusement énergivore. De plus, les possibilités d'évacuation en cas de problème au décollage sont... quasi inexistantes. Tous ceux qui sont partis dans l'espace par ce moyen méritent des applaudissements. Hélas, quelques uns d'entre eux ne sont pas revenus... l'Histoire a besoin de martyrs.



KSC, 14 mai 2010, STS-132-Atlantis se lance dans l'espace.

Les SRB, des boosters à poudre (ATK, ex Thiokol), vont brûler pendant les deux premières minutes du décollage, et les moteurs principaux s'arrêtent (MECO Main Engines Cut Off) après les 8 premières minutes et demie de la mission (MET Mission Elapsed Time).

Le réservoir externe (ET) va se séparer de la navette plus tard.

Comme dit précédemment, la navette spatiale est *partiellement* réutilisable car le réservoir externe est abandonné dans l'espace et se détruit lors du retour vers la Terre mais les SRB sont récupérés en mer et reconditionnés en usine.



L'ET séparé d'Atlantis après le décollage de la mission STS-132

La navette possède cependant quelques moteurs supplémentaires qui permettent de l'orienter et de la pousser vers son orbite de travail car les 3 RS-25 utilisés lors du décollage ne serviront plus (hydrogène et oxygène contenus dans l'ET sont épuisés...).

La navette spatiale est destinée à travailler en orbite terrestre basse qui s'étend, pour son domaine, de 100 à 550 km d'altitude (100 km étant le « début » de l'espace : ligne Karman).

Mais l'orbite la plus usuelle voisine avec les 400 km, comme celle de la Station Spatiale Internationale aujourd'hui, avec une révolution en 90 minutes, et à une vitesse de 28 000 km/h.



Au décollage, la navette brûle plus de 3 m<sup>3</sup> de propulseur liquide (hydrogène, oxygène), et 9 tonnes de poudre (SRB) chaque seconde, ce qui donne une poussée phénoménale pour s'élever dans le ciel, et voler à plus de 25 000 km/h en 8

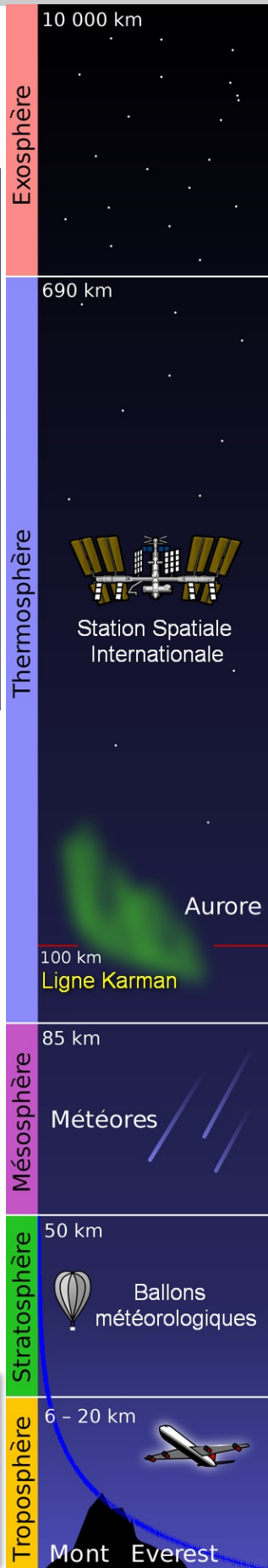
minutes. Cela étant, le 3 moteurs RS-25 deviennent des poids morts pour la suite de la mission, et diminuent la charge utile possible. La navette soviétique Buran était, *a priori*, plus performante mais cela n'a jamais été démontré dans une situation réelle.

NB : les RS-25 sont des moteurs cryogéniques fabriqués par Rocketdyne (devenu Pratt & Whitney Rocketdyne, Aerojet Rocketdyne par la suite) qui, améliorés, seront utilisés pour la fusée SLS qui doit emporter des astronautes sur la Lune.

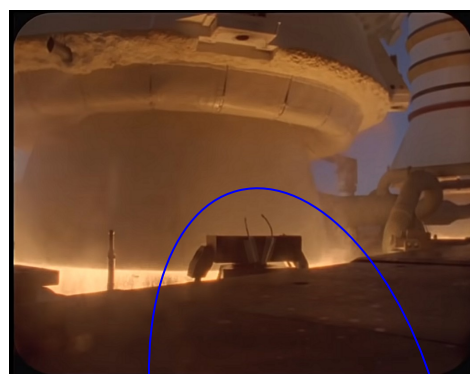
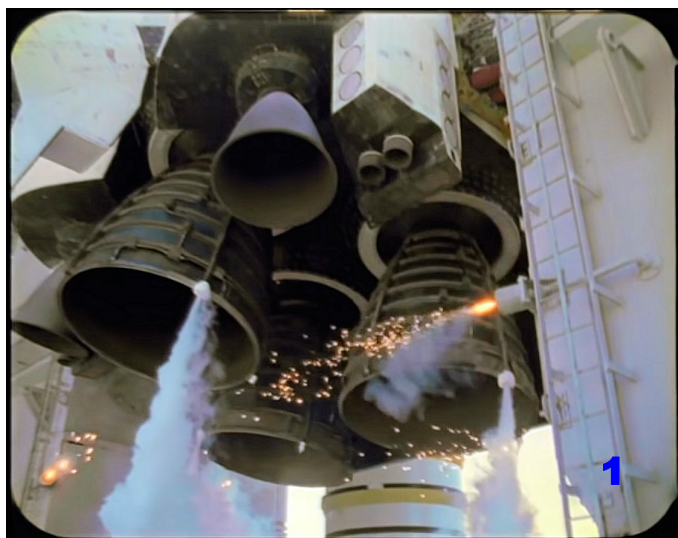
**Ligne Karman :**

Une frontière où l'aérodynamique cède la place à l'astronautique mais aussi une frontière juridique car, dessous, l'espace est une affaire d'état.

Cette ligne, la frontière où commence l'espace, répond de toute manière à une définition... arbitraire.







**De 1 à 12, l'allumage successif des 3 moteurs RS-25 de la navette, suivi du décollage :**

Ces images des moteurs sont prises par une caméra film 16 mm ultra rapide (e9), ce qui permet d'observer toute anomalie dans les processus en cours. Des « allumeurs » sont disposés autour des tuyères des moteurs pour éviter une explosion en cas de fuite inopportune d'hydrogène. L'hydrogène liquide très froid est distribué par un réseau de tubulures qui servent par la même occasion à refroidir la paroi. Le plein régime de ces moteurs est atteint peu avant le décollage.

Les **SRB** sont allumés après avoir fait exploser des boulons (4 boulons de 50 kg par SRB) qui les retenant sur la plateforme (quand les RS-25 sont déjà à pleine puissance) ; l'ensemble (orbiteur, ET, et SRBs) peut alors s'élever doucement vers le ciel...

Libération SRB



Il y a de nombreuses caméras réparties autour du pas de tir, à plus ou moins grande distance, pour surveiller le bon déroulement de chaque lancement ; au fil des ans, la technologie employée est passée du film 16 mm au 35 mm, puis au numérique haute définition. Les images de la page précédente sont issues d'un film 16 mm de la caméra e19, appelée « echo 19 », qui comporte un objectif de 10 mm de focale, et permet d'enregistrer 400 images par seconde ; et ces images résument notamment les 7 dernières secondes avant le lancement, jusqu'à l'explosion des 4 gros boulons explosifs de chaque SRB qui retiennent la navette spatiale à la plateforme. Tout l'ensemble est maintenu sur le pas de tir par ces boosters ; le décollage est effectif à 21h02 UTC, soit 17h02 heure locale. Ce ne sont pas des caméras de cinéma à vrai dire, mais des caméras techniques, très performantes, dont la protection contre les vibrations, la chaleur et l'humidité est bien assurée ; elles disposent aussi d'un système automatique d'exposition car la luminosité ambiante est essentiellement variable, et dans de fortes proportions : la dynamique est élevée. Tout cela est fait pour vérifier tous les aspects d'ingénierie du processus de lancement. Toutes les caméras qui enregistrent ces événements sont synchronisées sur le temps UTC, et chaque image est horodatée sur le film. En ce qui concerne la camera *echo 19*, son objet est essentiellement de s'assurer que la mise à feu des trois moteurs, 1 à 3, de la navette s'est bien déroulée, chaque moteur l'un après l'autre.



Une image d'un film 16 mm prise à 21:02:13,689 UTC.

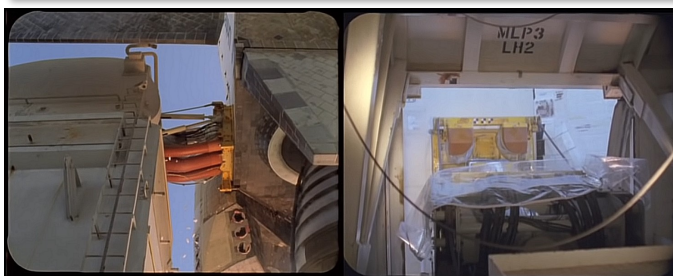
Les étincelles que l'on peut voir autour des moteurs sur les images sont générées volontairement par des « allumeurs » afin d'éviter une explosion si de l'hydrogène s'accumulait alentour à cause d'une fuite, ou un « raté » d'allumage moteur ; l'allumage des moteurs se fait environ 6 secondes avant le décollage, et les ordinateurs assurent les contrôles et la validation si tout est bien stabilisé. La poussée des moteurs, qui n'est pas dirigée vers le centre de gravité de l'ensemble, engendre alors un léger déséquilibre de la navette qui va être compensé rapidement par les SBR qui sont mis à feu. A partir de cet instant, plus rien ne peut arrêter ces fusées à poudre ; c'est l'explosion de 8 boulons qui permet à une masse de plus de 2 000 tonnes de s'élever doucement ; la navette pèse à elle seule une bonne centaine de tonnes (STS-134 Endeavour pesait 121,2 t au décollage et 92,2 t au retour). Les moteurs RS-25 utilisent de l'hydrogène liquide (LH Liquide Hydrogen) et de l'oxygène liquide (LOX Liquid OXYgen) qui sont emmagasinés dans l'énorme réservoir externe (ET External Tank) ; hydrogène et oxygène se combinent en formant de la vapeur d'eau et beaucoup de chaleur. Le pas de tir est aussi noyé sous des tonnes d'eau afin d'évacuer la chaleur délivrée par les moteurs et les SRB, mais surtout pour atténuer le bruit généré ; un énorme panache blanc de « vapeur » d'eau s'échappe vers l'extérieur du pas de tir. Les caméras techniques placées dans cet « enfer » sont dans des boîtes étanches purgées à l'azote, avec fenêtre de prise de vue en quartz, mais certaines devront subir des réparations pour revenir en condition optimale...

On a tous remarqué, lors des lancement de fusées ou de la navette, que des cordons ombilicaux les relient au pas de tir ; c'est notamment indispensable pour maintenir sous pression optimale, dans le réservoir externe de la navette, l'oxygène et l'hydrogène liquides, le trop plein étant évacué au dehors sous

forme de panache vapoureux, ou récupéré par un dispositif spécial. D'autres lignes (énergie, instrumentation) font aussi partie de ces dispositifs. Lorsque le feu vert est donné, il faut que ces équipements soient éloignés et rapidement protégés des gaz et fumées chaudes du lancement. Là aussi des caméras surveillent le bon déroulement des opérations de rétractation de ces



Rétractation et protection du système d'approvisionnement en oxygène liquide (LOX) au réservoir externe



Rétractation et protection du système d'approvisionnement en hydrogène liquide (LH) au réservoir externe.

Ces systèmes mobiles et lourds (dimensions : 1,2 x 1,8 m) font partie du mât de service, appelés TSM (Tail Service Mast, à savoir l'extrémité...).



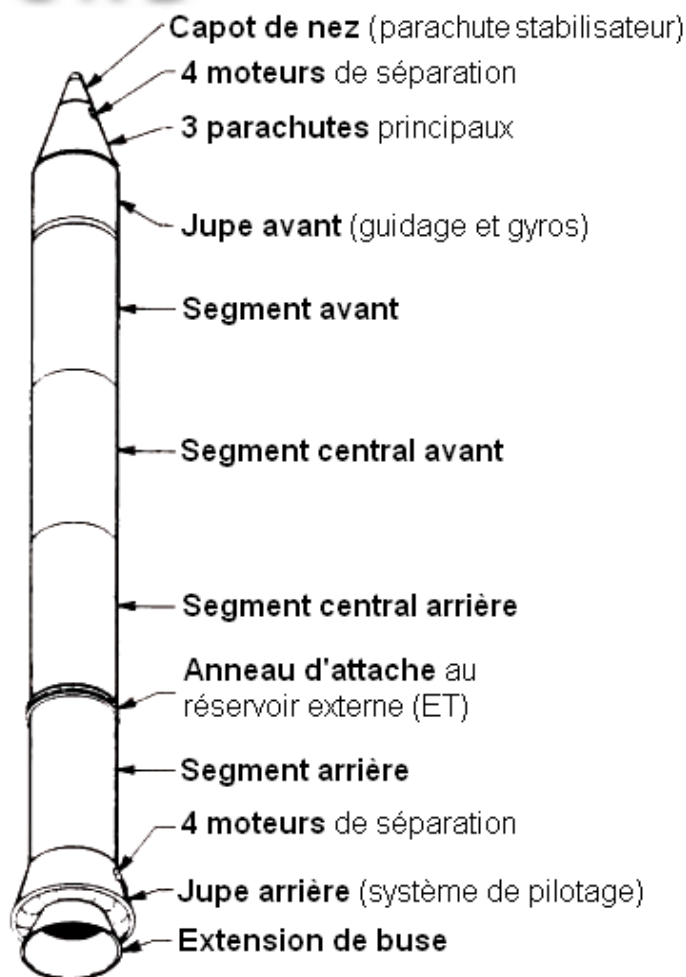
ensembles imposants (NB : ces cabines, une fois fermées, étaient éclairées par des lampes à incandescence, mais les vibrations engendrées par le repli rapide du dispositif et le lancement amenaient à un claquage rapide de ces lampes, aussi, l'arrivée des leds a fait le bonheur des techniciens de maintenance).



Décollage d'Atlantis (STS-115)



# SRB



Un SRB sur la plateforme mobile de lancement fait partie de l'ensemble de la navette spatiale de la mission STS-92, avec Discovery .

Les **SRB** sont des fusées à poudre, sans doute le propergol de fusée le plus ancien à avoir été utilisé, car, semble-t-il les Chinois maîtrisait la chose bien avant l'Occident... Et Sir Isaac Newton (1643 - 1727), dans sa troisième loi du mouvement, déclarait : « *toute action est accompagnée d'une égale réaction* » qui est le principe fondamental sur lequel repose le fonctionnement d'une fusée. L'éjection continue d'un jet de gaz chaud dans une direction cause le mouvement stable de la fusée dans l'autre direction. De même un avion à réaction opère de manière similaire dans l'atmosphère, utilisant l'oxygène de l'air pour assurer la combustion du kérosène dans son moteur et éjecter à grande vitesse des gaz très chauds. NB : le propergol des fusées Falcon SpaceX est un carburant liquide (kérosène RP1) associé à un comburant liquide (oxygène).

Un moteur de fusée opère, *a priori*, hors de l'atmosphère et doit donc emporter son propre « principe » oxydant.

L'évaluation de l'efficacité d'un propergol de fusée est son impulsion spécifique (notée  $I_{sp}$ ), qui se mesure en secondes. Plus le nombre est élevé, plus il est « chaud ». L'impulsion spécifique est la période, en secondes, où 1 kg de masse de propergol soulève une masse de 1 kg dans le champ de gravitation terrestre, soit 9,81 N.

Bien que cette impulsion spécifique dépende du carburant utilisé, sa valeur exacte pourra varier selon les conditions opérationnelles, le design du moteur et aussi de la possibilité de mélanges de carburant et, tout ceci, associé au comburant.

Les propergols solides (poudre) sont les plus anciens et les plus simples pour faire des fusées, puisque cela date de la Chine ancienne. Un cylindre métallique, de l'acier par exemple, est rempli d'un mélange de produits chimiques solides (carburant et oxydant) qui brûle vivement, et les gaz chauds sont expulsés à grande vitesse par une buse.

Avantage du propergol solide : pas de turbo pompes, de systèmes complexes pour amener le propergol au moteur ; un simple dispositif d'allumage de type pétard met le feu à la « poudre » qui s'enflamme de manière instantanée. De plus, les propergols solides sont stables, et facilement entreposés en magasin ; toutefois, un moteur « solide », une fois démarré ne s'arrête pas... toute la matière utile sera brûlée.

En spatial, les moteurs à poudre servent à différents usages : étage final de lanceur, ou booster de satellites et de vaisseau spatial pour la mise en orbite haute, en tant que PAM (Payload Assistance Module - module d'assistance de charge utile) ou IUS (Inertial Upper Stage - Etage final inertiel), booster pour placer des satellites en orbite géostationnaire ou sur une trajectoire planétaire. PAM et IUS sont utilisés pour la navette spatiale.

La navette spatiale fait usage des plus gros moteurs à poudre jamais construits et utilisés. Chaque booster SRB contient 453 600 kg de propergol sous la forme d'une substance de consistance similaire à de la gomme pour crayon (donc plus sous une forme solide que poudre). Ils sont constitués de 4 segments remplis de « poudre », creusés de haut en bas (par fabrication) par un cylindre, étoilé sur les 2/3 du haut pour une plus grande surface active ; de cette façon, la combustion est plus vive au départ, l'allumage se faisant par le haut. Un propergol solide contient toujours son oxydant qui est ici du perchlorate d'ammonium (69,93 % du mélange). Le carburant est sous forme de poudre d'aluminium (16 %), avec un oxydant ferreux (0,07 %) comme catalyseur. Le liant est une mixture de polybutadiène acrylonitrile (12,04 %) avec un peu d'agents durcisseurs époxydes (2 %) qui brûlent aussi en donnant une partie de la poussée. L'impulsion spécifique des SRB est de 243 secondes au niveau de la mer (et 268,6 dans le vide).

Les SRB de SLS seront plus puissants, avec 5 étages...

## Propergols cryogéniques.

La navette utilise aussi des propergols cryogéniques liquides : LOX (oxydant) et LH<sub>2</sub> (carburant), à savoir l'oxygène liquide, et l'hydrogène liquide, et qui sont donc à très basse température pour être liquides... LOX est liquide à une température de moins 183 degrés Celsius, et LH<sub>2</sub> à moins 253 °C ; ces basses températures sont source de complexité pour les manipuler, mais sous forme gazeuse, il serait difficile de trouver un réservoir pratique pour une fusée. L'impulsion spécifique des moteurs cryogéniques, très spécialisés, de la navette est de 455 secondes. Maîtriser l'hydrogène permet de diminuer la masse de propergol à emporter, ou d'augmenter la charge utile.

La navette produit également son électricité avec de l'hydrogène et de l'oxygène par l'intermédiaire de piles à combustible situées sous la soute (par électrolyse inverse). Les réservoirs d'hydrogène et d'oxygène utilisés sont indépendants de l'ET. De plus, l'eau, un produit résiduel, va servir pour le refroidissement des équipements mais aussi pour la boisson des astronautes.

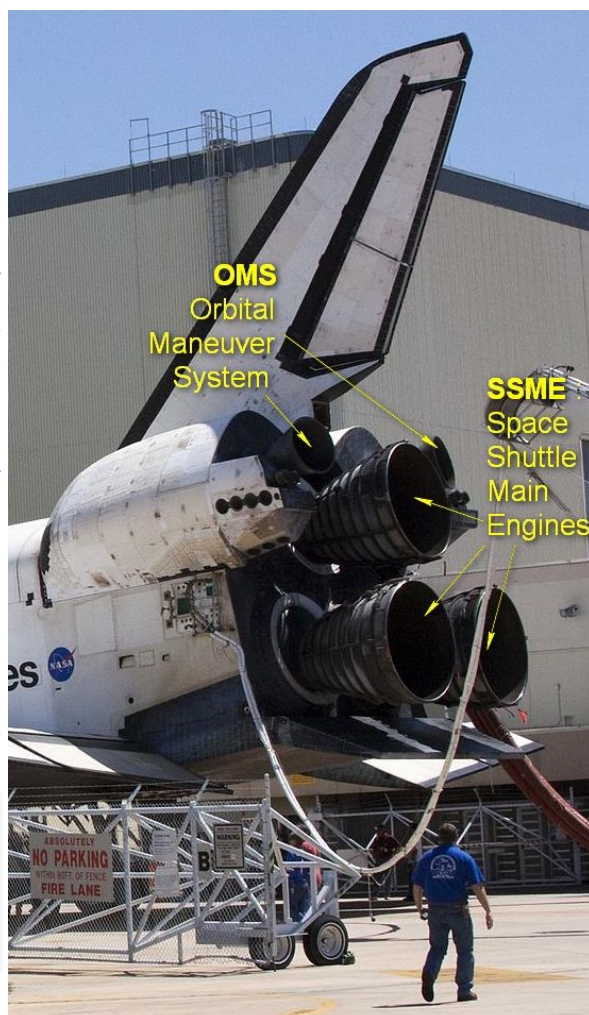


## Propergols hypergoliques.

En fait, il s'agit d'un carburant et d'un oxydant qui brûlent spontanément quand ils sont au contact l'un avec l'autre. Pas besoin d'allumette... ce qui rend ce propergol attractif pour des moteurs de vaisseaux spatiaux (avec ou sans personne à bord) qui ont besoin d'être allumés et éteints à répétition.

Ces propergols ne sont pas cryogéniques, un avantage supplémentaire car le stockage est plus facile. Le propergol le plus communément utilisé est la monométhyl hydrazine H<sub>2</sub>N-N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, avec son oxydant, le peroxyde d'azote N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. L'hydrazine est un liquide clair à l'odeur d'ammoniaque, le peroxyde d'azote est un liquide rouge à odeur piquante. Ces deux composés sont cependant très toxiques, voire cancérogènes. La navette utilise les propergols hypergoliques pour ses moteurs de manœuvre orbitale (OMS), pour son insertion en orbite et pour faire sa rentrée, et ses moteurs RCS (Reaction Control System), pour les contrôles d'attitude de la navette ; les impulsions spécifiques respectives de ces moteurs sont de 313, et entre 260 et 280 secondes, l'OMS ayant notamment une meilleure efficacité avec une plus haute pression dans la chambre de combustion.

Atlantis repart vers l'OPF (Orbiter Flight Facility) après le retour de sa mission STS-132 (14 mai 2010), afin de se refaire une beauté pour sa dernière mission : STS-135 (8 juillet 2011).



### Interdiction de fumer !

Les grands réservoirs de propergols cryogéniques comme celui-ci, qui contient de l'hydrogène sous forme liquide, sont situés près du pas de tir, que l'on voit en arrière plan.

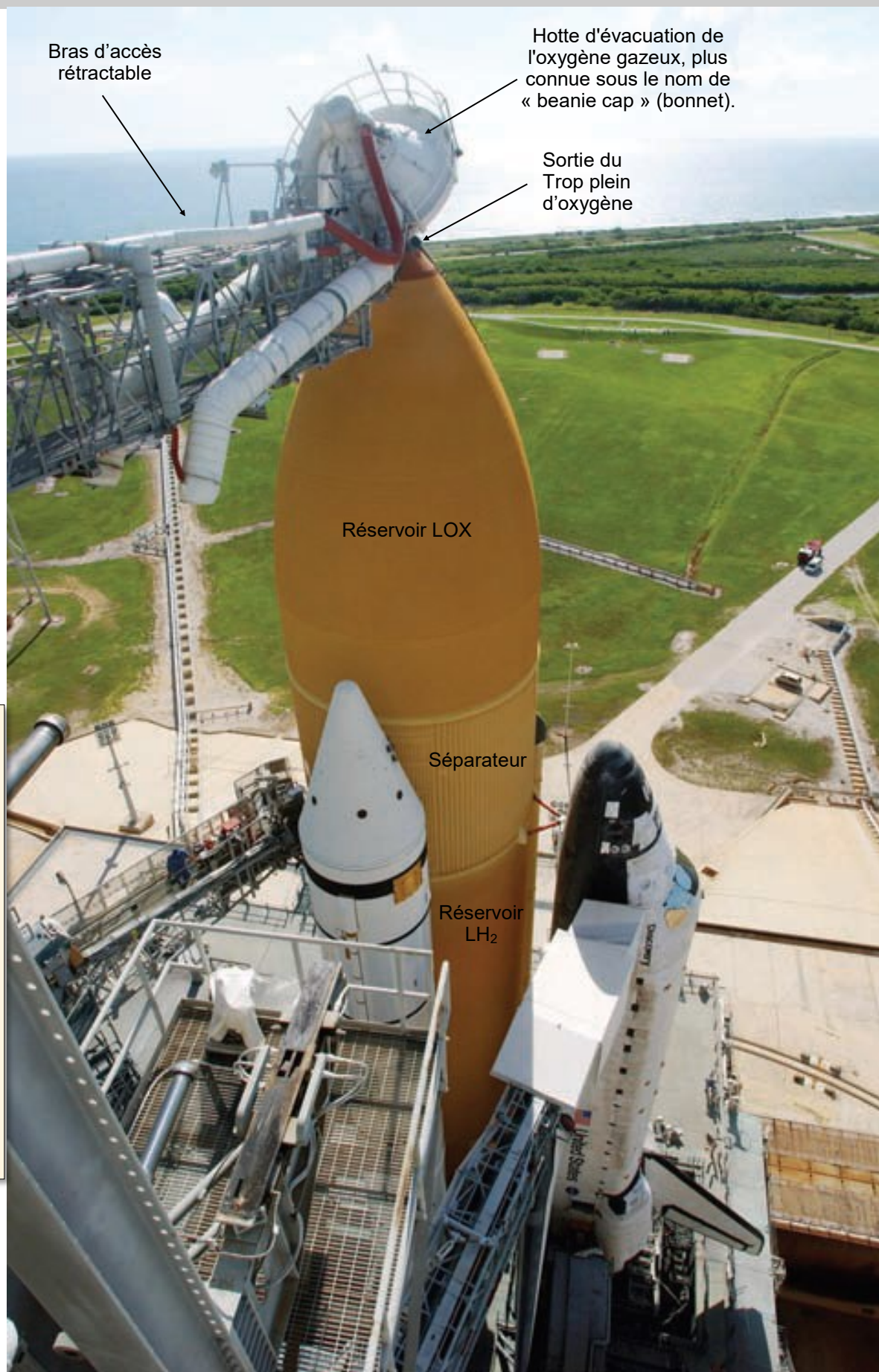
Le réservoir externe (ET) que l'on voit ci-contre, dans cet ensemble en préparation pour le départ, est fabriqué en Louisiane. Il arrive au Kennedy Space Center par voie maritime et il est déchargé au bassin près du VAB. Transporté horizontalement, il sera redressé verticalement dans le VAB pour être associé aux autres éléments constitutifs de la mission après avoir été dûment contrôlé.

Rempli, le réservoir externe est le plus grand et le plus lourd élément de la navette spatiale et, tout en étant l'élément nourricier de la navette, il absorbe la charge de la poussée lors du lancement.

L'ET mesure approximativement 47 m de long et 8,5 m de diamètre ; la partie séparatrice sous le réservoir d'oxygène contient la partie électrique du système, et assemble le réservoir d'oxygène avec le réservoir d'hydrogène.

Les 3 moteurs de la navette sont alimentés dès le lancement et pendant l'ascension de celle-ci. Après l'arrêt des moteurs, le réservoir externe se détache et retombe dans l'Océan Indien, et donc ne sera pas réutilisé.





### External Tank

Masse à vide :

26,47 t

Masse en charge :

745,55 t

LOX :

542 641 litres

LH<sub>2</sub> :

1 458 382 litres





### L'imposant bâtiment de KSC : le VAB

Le Vehicle Assembly Building domine la zone marécageuse du Kennedy Space Center



### Le VAB

était déjà utilisé pendant l'ère Apollo pour assembler la fusée Saturn.

Ci-contre, Apollo 11 s'achemine vers son pas de tir.

La super fusée SLS de la NASA, qui doit permettre le retour de l'homme sur la Lune, va faire bientôt quasiment le même trajet pour rejoindre le pas de tir 39B.



Au cœur du Complexe de lancement n°39 se trouve l'imposant **Vehicle Assembly Building**, l'un des plus grands bâtiments du monde et le dernier « arrêt » de la navette avant la rampe de lancement. Il couvre une superficie d'environ 3,2 hectares, avec un volume d'environ 3 884 000 m<sup>3</sup>. Le VAB mesure 160 mètres de haut, 218 mètres de long et 158 mètres de large. Sa structure peut résister à des vents allant jusqu'à 200 km/h. La fondation repose sur plus de 4 200 pieux tubulaires en acier, chacun de 40,5 cm de diamètre et enfoncés jusqu'au substratum rocheux, à une profondeur de 49 mètres, chose indispensable quand on sait qu'autour, il y a des marécages, donc beaucoup d'eau ; c'est un endroit qui est d'ailleurs une aubaine pour de nombreuses espèces d'oiseaux qui y trouvent de quoi se nourrir, malgré le tumulte rugissant des fusées qui décollent.

La zone de la baie haute mesure 160 mètres et la zone de la basse baie mesure 64 mètres. Une allée de transfert nord-sud relie et coupe les deux zones. La maintenance des moteurs principaux de la navette a lieu dans la baie basse, qui sert également de zone d'attente pour les ensembles avant et les jupes arrière des SRB.

Face à l'est se trouvent les baies hautes 1 et 3 où s'effectuent l'intégration et l'empilement de la navette spatiale complète en position verticale sur la plateforme mobile du lanceur.

Face à l'ouest se trouvent les baies hautes 2 et 4 où s'effectuent la vérification et le stockage des réservoirs externes. La baie haute 2 sert également de zone de sureté, un refuge pour une navette en cas de conditions météorologiques extrêmes, comme un ouragan ; la Floride est un endroit pas toujours ensoleillé...

Le VAB compte plus de 70 appareils de levage, dont deux grues de 295 tonnes. Pendant les opérations de construction de la navette spatiale à l'intérieur du VAB, les segments SRB sont transférés des installations d'assemblage et de contrôle à proximité, hissés sur la plateforme de lancement mobile dans les baies hautes 1 ou 3, et accouplés pour former les deux boosters complets.

La navette (l'orbiteur), l'élément final, est remorqué de l'installation de traitement des navettes à l'allée de transfert du VAB, élevée à la verticale par des ponts roulants, puis abaissée sur la plateforme de lancement mobile et accouplée au réservoir externe.

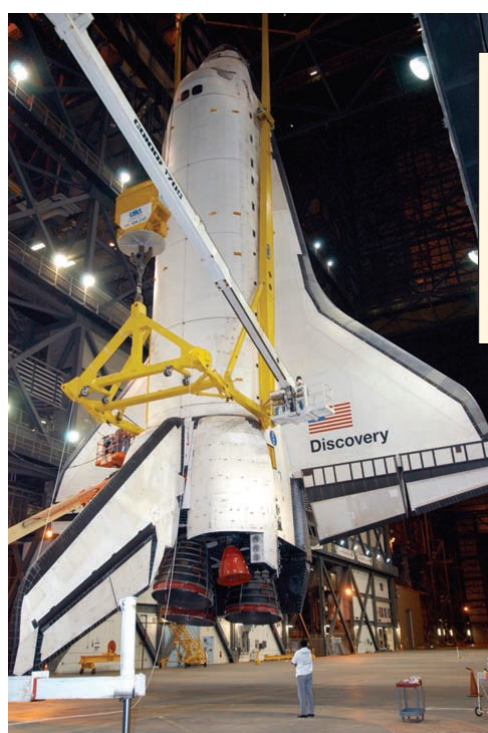


Une navette (Atlantis) désormais bien entourée, flanquée de ses deux SRB et du réservoir externe.

Une fois les opérations de montage et de contrôle terminées, les immenses portes extérieures de la grande baie s'ouvrent pour permettre au transporteur sur chenilles d'entrer et de se placer sous la plateforme de lancement mobile (MLP Mobile Launcher Platform) supportant la navette assemblée. Les portes hautes ont une hauteur de 139 mètres ; la section la plus basse a une largeur de 46 mètres et 35 m de hauteur, avec quatre panneaux de porte qui se déplacent horizontalement. La porte supérieure mesure 104 mètres de haut et 23 mètres de large, avec sept panneaux de porte qui se déplacent verticalement.

Si le bâtiment d'assemblage de véhicules est le cœur du complexe de lancement 39, alors le centre de contrôle de lancement, connu sous le nom de LCC (Launch Control Center) en est le cerveau.

Ce centre est un bâtiment de quatre étages relié au côté Est du bâtiment de montage des véhicules par un pont surélevé et fermé. Le LCC contient deux salles de contrôle principales, et une salle de contrôle de secours. Un système automatisé géré par ordinateur surveille et contrôle les opérations d'assemblage, de vérification et de lancement de la navette.

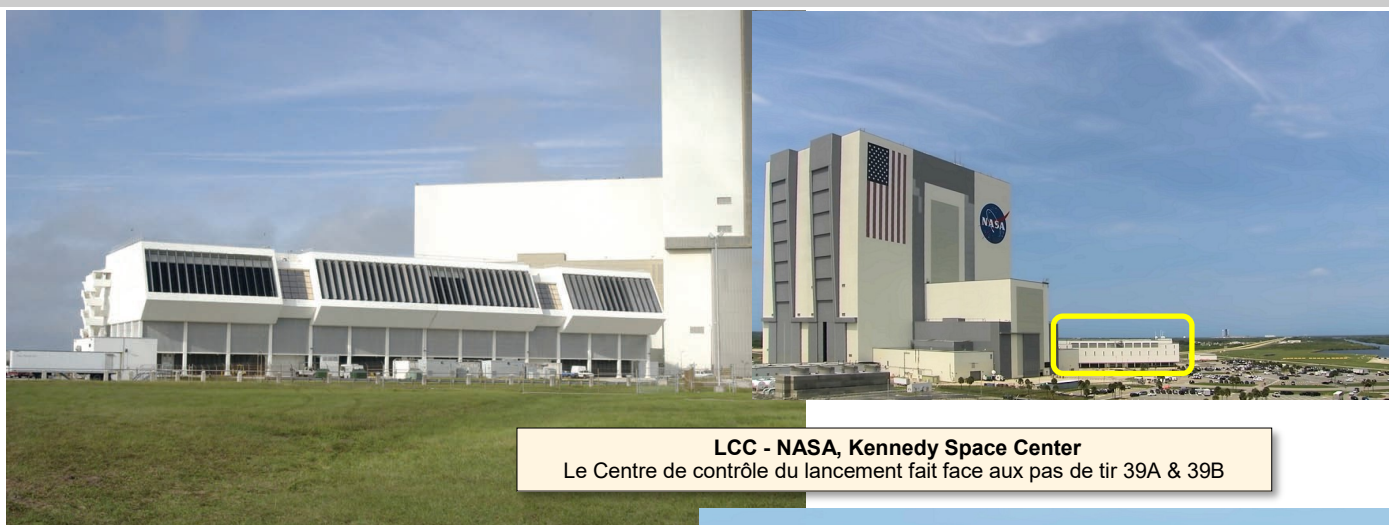


Un pont roulant de 175 tonnes est nécessaire sur Terre pour lever et déplacer une navette...

Mais une fois dans l'espace, la poussée d'un doigt pourrait la faire bouger.

Après vérification et inspection dans les baies hautes 2 ou 4, le réservoir externe est transféré dans les baies hautes 1 ou 3 pour être fixé aux SRB.





**LCC - NASA, Kennedy Space Center**  
Le Centre de contrôle du lancement fait face aux pas de tir 39A & 39B

En grande partie à cause du système informatique de gestion des lancements, le compte à rebours d'un lancement de navette spatiale ne prend que 43 heures environ, contre plus de 80 heures nécessaires pour les vols Apollo précédents, avec la fusée Saturn V ; en outre, un lancement ne nécessite qu'environ 225 à 230 personnes dans la salle de tir, contre environ 450 personnes nécessaires pour les missions habitées Apollo. La responsabilité de la mission est transférée au centre de contrôle de mission du Johnson Space Center à Houston lorsque les propulseurs à poudre s'allument pour le décollage.

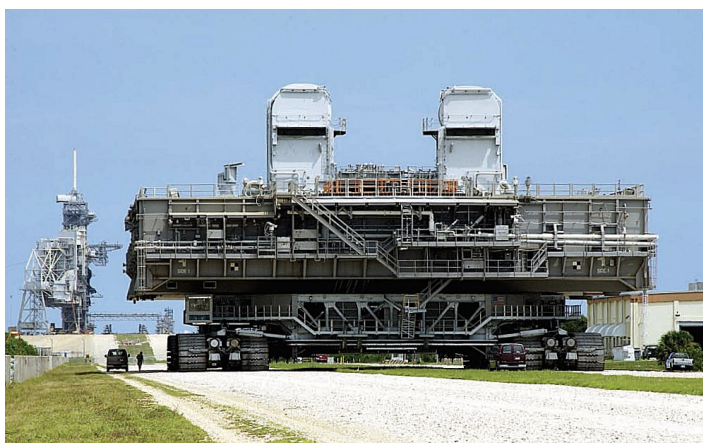
### Équipements et installations transportables

La plateforme de lancement mobile, ou MLP, est une très imposante structure en acier à deux étages qui fournit une base de lancement transportable pour la navette spatiale. D'abord utilisée dans le programme Apollo, la MLP a subi des modifications pour la navette.



Aujourd'hui, une vue du complexe 39 A dédié à SpaceX, prise au téléobjectif, à partir du VAB.

On peut distinguer les réservoirs de propergols cryogéniques et le « château d'eau » qui permet de créer un rideau atténuateur de bruit et de chaleur sur le pas de tir.



**MLP (Mobile Launcher Platform)** : la plateforme mobile de lancement faisant un test de transport par le « crawler-transporter ». Les ensembles qui dépassent de la structure sont les deux TSM (Tail Service Mast) qui comportent les cordons ombilicaux qui délivrent, entre autres, énergie et propergols cryogéniques avant le lancement de la navette.

Le corps principal de chaque MLP mesure 7,6 mètres de haut, 49 mètres de long et 41 mètres de large. Sur leurs sites de stationnement au nord du VAB, dans les baies hautes du bâtiment d'assemblage de véhicules et sur les rampes de lancement, les plates-formes de lancement mobiles reposent sur six socles de 6,7 mètres de haut. A vide, une MLP pèse environ 3 730 tonnes ; avec une navette sans carburant à bord, elle pèse environ 5 000 tonnes...



Le « crawler transporter véhicule », le transporteur sur chenilles. Un seul sabot de chenille pèse près d'une tonne !

Le corps principal d'une plateforme mobile de lancement offre trois ouvertures : deux pour l'échappement des SRB et une pour l'échappement des moteurs principaux (SSME). Il y a deux gros dispositifs, appelés mâts de service d'extrémité (TSM), un de chaque côté du trou d'échappement des moteurs principaux. Les mâts fournissent plusieurs connexions ombilicales à l'orbiteur, y compris une ligne d'oxygène liquide à travers l'une, et une ligne d'hydrogène liquide à travers une autre. Ces propergols cryogéniques alimentent le réservoir externe depuis des réservoirs tampons via ces connexions. Au lancement, les ombilicaux s'éloignent de



l'orbiteur et se rétractent dans les mâts, où des capots de protection sont fermés rapidement pour les protéger des flammes d'échappement des moteurs.

Chaque TSM mesure 4,6 m de long et 2,7 m de large et s'élève à 9,4 m au-dessus du pont MLP. D'autres ombilicux transportent de l'hélium et de l'azote, ainsi que des liaisons de refroidissement au sol, d'air de purge, d'alimentation électrique et de communication. Huit poteaux de fixation, quatre sur la jupe arrière de chaque SRB, soutiennent et maintiennent la navette spatiale sur la plateforme. Ces poteaux s'adaptent aux poteaux homologues situés dans les deux puits de support du SRB sur la MLP. Le véhicule spatial se déconnecte de la plateforme de lancement mobile par des écrous explosifs qui libèrent les goujons géants reliant les poteaux de fixation des SRB aux poteaux de support de la MLP. Chaque plateforme de lancement mobile comporte deux niveaux intérieurs contenant des équipements électriques, de test et de chargement de propérol.



Un CTV (1964)

C'est le CTV (Crawler-Transporter Vehicule) qui va déplacer la plateforme mobile de lancement du VAB au pas de tir. Ces énormes véhicules sur chenilles (deux exemplaires), utilisés à l'origine pendant l'ère Apollo, ont subi des

modifications pour la navette ; chacun mesure 6,1 m de hauteur, 40 m de longueur et 34,7 m de largeur, en rapport avec la taille de la plateforme mobile de lancement qu'ils doivent déplacer. Ce transporteur est équipé de 8 chenilles, équipées de 57 sabots qui pèsent plus de 900 kg chacun. Avec une navette spatiale à bord, préparée dans le VAB (orbiteur + SRBs + ET), le transporteur sur chenilles peut se déplacer à une vitesse maximale d'environ 1,6 km/h. A vide, il pourrait se déplacer jusque 3,2 km/h, mais en pratique, il ne dépasse pas la vitesse en charge, car la voie utilisée subirait trop de dommages. Le transporteur dispose d'un système de mise à niveau conçu pour maintenir la navette spatiale à la verticale, tout en négociant la pente de 5 % qui mène au pas de tir. De plus, un système d'amarrage laser permet un positionnement précis lorsque le crawler transporter et la MLP sont sur le pas de tir ou dans le bâtiment VAB. Deux moteurs diesel de 2 750 chevaux par transporteur entraînent quatre générateurs de 1 000 kW, qui fournissent de l'électricité à 16 moteurs de traction. Des opérateurs dans des cabines à chaque extrémité dirigent ce véhicule géant, aidés d'opérateur extérieurs.

La piste où se déplacent les transporteurs sur chenilles sont appelées « crawlerway » : une chaussée de 39,6 m de large. Les transporteurs sur chenilles l'utilisent pour leur randonnée de plus de 4,8 kilomètres jusqu'à l'un des pas de tir, depuis le bâtiment d'assemblage des véhicules.

La crawlerway est composée de quatre couches de gravier, de pierres et de remblais pour supporter le poids énorme du transporteur avec sa charge : la navette spatiale posée sur la plateforme de lancement. Le transporteur sur chenilles, la MLP et la navette spatiale (avec réservoir externe vide) pèsent environ 7 700 tonnes. La couche supérieure du crawlerway est constituée de gravier de rivière d'environ 20 cm d'épaisseur sur les courbes et de 10 cm d'épaisseur sur les sections droites. Le trajet entre le bâtiment VAB et l'un des pas de tir prend plusieurs heures.

Pour déplacer, manipuler, et mettre en place les charges utiles, il faut des moyens spécifiques, avec un environnement protégé, comme le Payload Canister. C'est une grosse boîte qui contient les charges utiles en transit depuis diverses installations de traitement ou d'assemblage vers la rampe de lancement (pour les



Le transporteur de charge utile peut transporter des charges utiles dans la boîte verticalement ou horizontalement. Sur la rampe de lancement (ci-dessus), la boîte est prête à être soulevée dans la salle de changement de charge utile, sur la structure de service tournante (RSS).

charges utiles installées verticalement) ou vers l'installation de traitement de l'orbiteur (pour les charges utiles installées horizontalement). Chaque boîte, avec environnement contrôlé, peut transporter des charges utiles jusqu'à 4,6 m de diamètre et 18 m de longueur, correspondant à la capacité de la soute de charge utile de la navette. La charge utile maximale est d'environ 29,5 t. Il faut aussi associer le véhicule, le transporteur de la boîte, qui est un camion automoteur à 48 roues qui peut transporter sa charge en position verticale ou horizontale. Il mesure 19,8 m de long et 7 m de large, avec un plateau qui peut être abaissé et relevé d'environ 1,5 à 2 mètres, si nécessaire. Des roues orientables indépendantes permettent le déplacement en avant, en arrière, latéralement et en diagonale, ou de tourner comme un carrousel. Des cabines de conduite opposées en diagonale sont situées à chaque extrémité du camion. Un moteur diesel (en extérieur) ou électrique (en intérieur) alimente le transporteur. Il peut bouger très lentement pour des charges utiles qui nécessitent une manipulation précise.

## Pas de tir 39A et 39B

Les pas de tir A & B du Complexe 39 ont été conçus à l'origine pour le programme Apollo. Ils sont de forme octogonale et de taille pratiquement identique ; chacun couvre environ 0,65 km<sup>2</sup> de terrain, entouré par une haute clôture. Les navettes spatiales sont lancées du haut d'un support en béton, de 119 x 99 mètres. Chaque socle de dalle nécessitait 52 000 mètres cubes de béton. La rampe menant à la surface de la plateforme est inclinée avec une pente de 5 %. Le Pad A a une élévation de 14,6 mètres au-dessus du niveau de la mer et le Pad B de 16,8 mètres. Il y a six piédestaux permanents et quatre extensibles à chaque bloc pour soutenir la plateforme mobile de lancement MLP. L'éclairage du site est assuré par cinq groupes de projecteurs au xénon à haute intensité (pour un total de 40 projecteurs) autour du périmètre du Pad. Les deux pas de tir ont été fortement modifiés, par rapport à leur configuration Apollo/Saturn V, pour lancer les navettes spatiales.

Les parties supérieures de deux des trois tours ombilicales de lancement de la fusée Saturn V ont été retirées des lanceurs mobiles (qui sont devenus des plates-formes de lanceurs mobiles après cela, et d'autres changements) et installées à chaque plateforme, pour devenir des structures de service fixes, ou FSS (Fixed Service Structures).

**La structure de service tournante (RSS)** (Rotating Service Structure), remplace le portique mobile dans les conceptions plus anciennes, a été construite sur chaque pas de tir. Et le déflecteur de flamme mobile de la fusée Saturn V, dans chaque tranchée de flamme, a été remplacé par deux déflecteurs de flamme joints et ancrés, pour la navette.

**La structure de service fixe (FSS)** est située du côté nord de chaque Pad. Il s'agit d'une structure à ossature ouverte d'environ 12 m<sup>2</sup> avec 12 niveaux de travail à des intervalles de 6 m environ. La hauteur de la structure jusqu'au sommet de la tour est de 75 m, tandis que la distance jusqu'au sommet du mât de protection foudre est de 106 m. Le FSS dispose de trois bras de service :

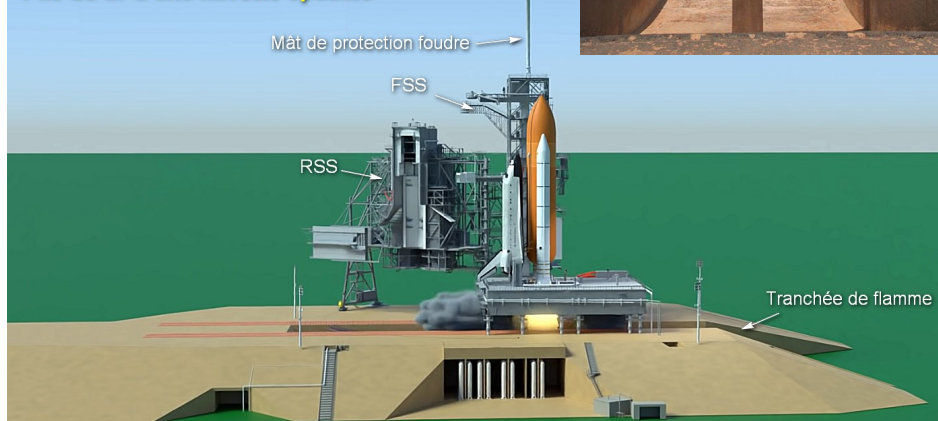
- **Le bras d'accès au vaisseau spatial, la navette.** Ce bras pivote vers la trappe d'accès de l'équipage située sur le flanc gauche pour permettre l'entrée du personnel. L'extrémité extérieure de ce bras supporte une petite pièce, communément appelée la « salle blanche », qui peut contenir jusqu'à six personnes. L'équipe de la salle blanche aide chaque équipage d'astronaute à entrer dans la navette spatiale et sécurise l'écoutille. Ce bras reste en position étendue jusqu'à 7 minutes et 24 secondes avant le lancement, pour fournir une sortie de secours à l'équipage en cas de besoin. Il mesure 19,8 m de long, 1,5 m de large et 2,4 m de haut. Ce bras d'accès est attaché à la FSS au niveau 44,8 m. En cas d'urgence, ce bras peut être repositionné mécaniquement ou manuellement en 15 secondes environ. Il est recouvert de panneaux pour la protection contre l'incendie, ainsi que d'un système de pulvérisation d'eau. Le bras est également utilisé pour l'accès au pont intermédiaire pour compléter la mise en place d'expériences scientifiques.

Après le recul de la structure de service tournante (RSS), la navette spatiale Atlantis peut être vue au sommet de la plateforme de lancement mobile, sur le pas de tir 39A.

Sous la plateforme se trouve la tranchée de flamme et une partie du système déflecteur de flamme, qui isole les structures du pas de tir de la chaleur intense délivrée par les moteurs lors du lancement.



## Pas de tir d'une navette spatiale



Le système de tranchée de flamme et de déflecteur protège les structures du véhicule et du pas de tir de la chaleur intense du lancement. Il est situé dans la tranchée de flammes au niveau du sol qui coupe le socle en béton. Un déflecteur de flamme présente une forme de V inversé aux flammes qui se déversent dans la tranchée, à travers les ouvertures dans la plateforme de lancement mobile. Les deux côtés du V à l'envers se courbent près du bas jusqu'à ce qu'ils soient presque horizontaux. Les flammes suivent ces courbes et dévient horizontalement dans la tranchée de flammes, plutôt que de rebondir pour envelopper le véhicule.

- **Le bras d'accès à la conduite d'évacuation d'hydrogène** du réservoir externe. Ce système se compose de deux parties, un bras d'accès rétractable et une structure de support fixe. Il fournit un moyen d'accoupler les ombilicaux externes du FSS au réservoir et d'accéder à l'intérieur du réservoir. Le bras d'accès supporte de petites conduites d'hélium et d'azote et des câbles électriques, qui sont tous situés sur une conduite d'évacuation d'hydrogène de 20 cm de diamètre. Le bras, qui pivote de 120 degrés vers la position repliée en trois minutes environ, est rétracté plusieurs heures avant le lancement, laissant les ombilicaux attachés. À l'allumage des SRB, les ombilicaux sont libérés et rétractés de 10,1 m dans une position verrouillée, par un système de contrepoids. De plus, un rideau d'eau pulvérisée les protège des flammes des moteurs. Le bras mesure 14,6 m de long et il est attaché au niveau 51 m.

- **Bras de ventilation d'oxygène gazeux du réservoir externe.** Ce bras rétractable supporte une hotte d'aération, qui aspire les vapeurs d'oxygène liquide très froides lorsqu'elles s'évaporent du haut du réservoir externe. Il prend également en charge les systèmes associés tels que les conduites d'azote gazeux chauffé, les conduits de vapeur d'oxygène liquide et le câblage électrique. Le « bonnet » a

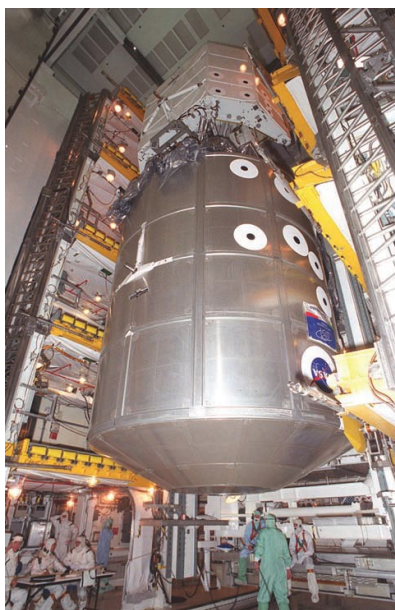


un diamètre de 4 mètres, et le bras qui le soutient mesure 24,4 m de long, 1,5 mètre de large et 2,4 m de haut. Il se fixe à la structure de service fixe entre les niveaux 63 et 69 m. Lorsque le bonnet est mis en place sur le dessus du réservoir externe avant le chargement des propergols, deux joints gonflables de type « accordéon » recouvrent les ouvertures d'aération de l'oxygène liquide. Une purge d'azote gazeux chauffé s'écoule dans la cavité du joint, réchauffant suffisamment les vapeurs d'oxygène liquide très froides pour les empêcher de se condenser en glace. Si de la glace se forme, elle pourrait se déloger et endommager le réservoir, ou les tuiles et couvertures isolantes de l'orbiteur, au décollage. Le bonnet se soulève pour dégager le réservoir externe et le bras se rétracte à partir de 2 minutes et 30 secondes avant l'allumage des moteurs.

**Système ombilical hypergolique.** Celui-ci transporte du propergol hypergolique et son comburant, ainsi que des lignes de service d'hélium et d'azote, de la structure de service fixe à la navette. Le système permet également une connexion et une déconnexion rapides des lignes au véhicule. Six unités de manutention ombilicales, actionnées manuellement et contrôlées au niveau du pas de tir se fixent à la structure de service rotative. Ces unités sont situées à droite et à gauche de l'extrémité arrière de l'orbiteur et desservent le système de manœuvre orbitale et le système de contrôle par réaction, ainsi que la soute et la zone du nez de l'orbiteur.

**La structure de service tournante** assure la protection de la navette et l'accès à sa soute pour l'installation et l'entretien des charges utiles sur la plateforme. Il pivote sur un tiers de cercle, à 120 degrés, d'une position rétractée bien éloignée de la navette jusqu'à l'endroit où ses portes de salle de changement de charge utile se rencontrent et correspondent aux portes de la soute de la navette. Cette structure tourne autour d'une charnière verticale fixée à un coin de la structure de service fixe. Le corps de la structure de service rotative commence au niveau 18 m et s'étend jusqu'à 57,6 m au-dessus du sol de la plateforme, fournissant des plates-formes d'accès à la navette sur cinq niveaux. La charnière et un cadre structurel à l'extrémité opposée soutiennent la structure. Ce cadre repose sur deux camions à moteur à huit roues, qui roulent sur des rails installés à l'intérieur de la surface de la plateforme. Le corps rotatif mesure 31 mètres de long, 15 mètres de large et 40 mètres de haut. L'objectif principal de la structure de service rotative est de recevoir des charges utiles de navette spatiale installées verticalement en position rétractée, de les faire pivoter et de les installer dans la soute de l'orbiteur.

**Salle de changement de charge utile :** c'est la principale caractéristique du RSS. Il s'agit d'une « salle blanche », donc à l'environnement contrôlé, qui prend en charge la livraison et l'entretien de la charge utile sur la plateforme et s'accouple à la soute de la navette pour l'installation de la charge utile verticale. Les joints de la structure se gonflent contre les côtés de la « boîte » avec sa charge utile. De l'air propre, à température et humidité contrôlées, purge l'espace entre les portes fermées du RSS et la boîte présentée, puis permet de transférer ensuite la charge utile dans la soute en contrôlant toujours l'environnement.



Deux charges utiles, le bras robotique canadien pour la Station Spatiale Internationale, et le module logistique polyvalent Raffaello, sont déplacées dans la salle de changement de charge utile, pour la mission STS-100 (avril 2001, avec Endeavour).

**Unité ombilicale médiane de l'orbiteur :** elle permet d'accéder à la zone médiane du fuselage de la navette et de l'entretenir et s'étend de la structure de service rotative à des niveaux allant de 48 à 53,6 m au-dessus de la surface de la plateforme, et mesure 6,7 m de long, 4 m de large et 6 m de haut. Une plateforme d'extension coulissante et un mécanisme de gestion de ligne à déplacement horizontal permettent d'accéder à la porte ombilicale médiane du côté gauche de la navette. L'oxygène liquide et l'hydrogène liquide pour les piles à combustible, ainsi que des gaz tels que l'azote et l'hélium, alimentent cette unité.

**Un système de protection contre les intempéries** aux Pad A et B protège la navette des débris soufflés par le vent, des fortes pluies et de la grêle qui pourraient endommager les tuiles du système de protection thermique et les couvertures isolantes de l'engin. La structure de service rotative, qui se referme autour alors qu'elle est sur le pas de tir, protège une partie considérable du véhicule. Le système de protection contre les intempéries comble les lacunes. Des portes métalliques qui coulisent entre le ventre de l'orbiteur et le réservoir externe protègent la partie inférieure de l'orbiteur. Ces portes, qui mesurent jusqu'à 16 mètres de long et 11,6 m de haut, pèsent jusqu'à 20 tonnes, et se connectent à la structure de service tournante et à la structure de service fixe. Les portes se déplacent ensemble des côtés opposés sur des brides à roues qui reposent sur des poutres en acier. Un joint gonflable, qui protège le sommet de la navette, s'étend depuis la salle de changement de charge utile, formant un demi-cercle couvrant 90 degrés d'arc entre le véhicule et le réservoir externe. Une série d'une vingtaine de portes pliantes en métal d'environ 24,4 x 1,2 m, se plient de la salle de changement de charge utile sur la structure de service rotative, pour couvrir les zones latérales entre le réservoir externe et l'orbiteur.

Les déflecteurs de flamme de la navette et des SRB sont construits en acier et recouverts d'un matériau ablatif d'environ 12,7 cm d'épaisseur, qui s'écaille pour évacuer la chaleur. Ces déflecteurs pèsent plus de 450 kg chacun. En plus des déflecteurs fixes, deux déflecteurs mobiles sont situés en haut de la tranchée pour une protection supplémentaire contre les flammes des propulseurs à poudre.

Également situé dans la zone d'atterrissage (SLF) se trouve un bunker, avec un véhicule blindé de transport de troupes M-113, stationné à proximité.



Véhicules blindés M113



**Le mât de protection foudre** s'étend au-dessus de la structure de service fixe et fournit un « cône de protection » au-dessus de la navette spatiale et du pas de tir. En effet, avec une telle structure métallique, et dans un environnement climatique propice, la protection contre la foudre est essentielle. Un câble d'acier part d'un ancrage au sol à 335 mètres au sud de la structure de service fixe, s'incline vers le haut et au-dessus du mât de protection foudre, puis descend jusqu'à un deuxième ancrage au sol à la même distance, mais au nord. Les coups de foudre se dirigent vers la terre à travers ce câble. Le mât en fibre de verre fonctionne comme un isolant électrique, en maintenant le câble loin de la tour. Le mât, avec sa structure de support qui l'accompagne, soulève le câble à 30,5 m au-dessus de l'acier de la structure de service fixe.

**Suppression du bruit et des vibrations :** un système d'eau pour l'atténuation des nuisances sonores a été installé sur les plateformes pour protéger la navette des dommages causés par l'énergie acoustique produite par les moteurs, réfléchi par la tranchée de flamme et la plateforme de lancement mobile pendant le lancement. La navette, avec ses charges utiles dans la soute, est beaucoup plus proche de la surface de la plateforme de lancement mobile que le vaisseau spatial Apollo ne l'était au sommet d'un véhicule Saturn V ou Saturn 1B. Le système d'insonorisation comprend un réservoir d'eau surélevé d'une capacité de 1 135 620 litres. Le réservoir est à une hauteur de 88 m, et il est situé à côté de chaque pas de tir. À un peu plus de 6 secondes avant le lancement, l'eau est libérée, juste avant l'allumage des moteurs de la navette, et s'écoule dans des tuyaux de 2,1 m de diamètre pendant environ 20 secondes, au travers de 16 buses au sommet des déflecteurs de flamme et des sorties dans le trou d'échappement des moteurs principaux dans la plateforme de lancement mobile. Au moment où les SRB sont mis à feu, un torrent d'eau s'écoulera sur la plateforme de lancement lanceur mobile à partir de six grandes buses de trempage (appelées « rainbirds »), montées à sa surface. Le débit de pointe de toutes les sources est de 3 406 860 litres d'eau par minute, 9 secondes après le décollage. Les niveaux acoustiques atteignent leur maximum lorsque la navette spatiale est à environ 90 mètres au-dessus de la MLP, et cessent d'être un problème à une altitude d'environ 300 mètres. Dans le cas d'une mission avortée, un système de déluge moteur post-arrêt refroidira l'extrémité arrière de la navette, et contrôle également la combustion de l'hydrogène gazeux résiduel après que les moteurs principaux de la navette ont été arrêtés, et donc avec le véhicule sur le pas de tir.

### Secours d'urgence- évacuation

Préalablement, il était fait mention que « les possibilités d'évacuation en cas de problème au décollage sont... quasi inexistantes ». Toutefois, un système d'évacuation d'urgence fournit une voie d'évacuation pour les astronautes qui

sont dans la navette, et aussi à l'équipage technique responsable de la fermeture sur la structure de service fixe, et cela jusqu'aux 30 dernières secondes du compte à rebours. Sept câbles coulissants s'étendent de la structure de service fixe,



Les spécialistes de la mission STS-106 (sept. 2000 avec Atlantis), Richard A. Mastracchio (à gauche) et Edward T. Lu prennent place dans un panier coulissant, dans le cadre d'une formation sur les sorties d'urgence du pas de tir.

au niveau du bras d'accès équipage de la navette, jusqu'au sol. Un panier à fond plat, fait de fil d'acier et de fibre résistante à la chaleur, entouré d'un filet, est suspendu au sommet de chacun des sept fils. Chaque panier peut contenir jusqu'à trois personnes. Le panier glisse le long d'un fil de 366 mètres, jusqu'à un bunker d'abri d'urgence situé à l'ouest de la structure de service fixe. La descente, à environ 90 km/h, prend environ 35 secondes ; un système de freinage à l'aide d'un filet et d'une chaîne traînante arrête le panier en le ralentissant en fin de course.



Challenger, 76 s après le décollage de STS-51-L



La suite de l'histoire dans le numéro 97



28 janvier 1986, décollage de la mission STS-51-L, avec un équipage de sept astronautes.





# La fusée SLS se prépare dans le VAB

*La NASA vient d'assembler l'étage central de sa fusée SLS, avec les deux boosters SRB à 5 étages, accolés sur ses flancs.*

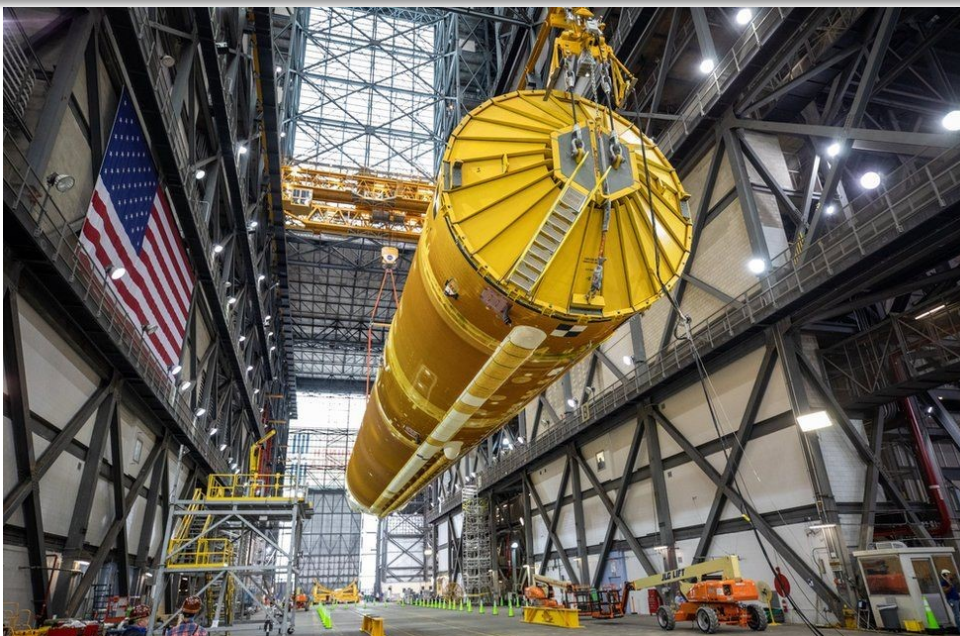


### Première vue de la « superfusée » de la NASA assemblée.

Le vendredi 11 juin 2021, les ingénieurs de la NASA terminaient la descente de l'étage central, de 65 mètres de hauteur, entre ses deux boosters. Et c'est la première fois que ces trois éléments cruciaux sont rassemblés dans la configuration du lancement.

La NASA a donc assemblé la première de ses puissantes fusées Space Launch System (SLS), qui transporteront des humains sur la Lune cette décennie. La NASA prévoit de lancer sa SLS pour son vol inaugural en fin de cette année. Au cours de cette mission, connue sous le nom d'Artemis-1, la SLS transportera Orion (le véhicule d'équipage américain de nouvelle génération) vers la Lune. Cependant, aucun astronaute ne sera à bord ; les ingénieurs veulent mettre à l'épreuve à la fois la fusée et le vaisseau spatial, avant que les humains ne soient autorisés à monter dedans en 2023.

La SLS se compose de cet étage central géant, qui abrite des réservoirs de propergol et quatre moteurs puissants, flanqués de deux propulseurs à poudre (SRB) de 54 m, qui fournissent la majeure partie de la force de poussée qui propulse la SLS dans les airs au cours des deux premières minutes de vol. Cette structure réside actuellement à l'intérieur de l'immense bâtiment d'assemblage de véhicules (VAB). Après avoir été soulevé, l'étage central a été tourné en position verticale. La plateforme de lancement mobile permet d'accéder à SLS pour les tests, le contrôle et l'entretien et va transférer également la fusée géante sur le pas de tir. Les ingénieurs avaient commencé à monter les SRB sur la plateforme en novembre de l'année dernière. Pendant ce temps, l'étage principal était fixé à un banc d'essai dans le Mississippi (Stennis Space Center), pour faire l'objet d'un programme complet d'évaluation connu sous le nom de Green Run. En mars, lors du test final le plus important du Green Run, les moteurs de l'étage principal ont été mis à feu avec succès pendant environ huit minutes : le temps nécessaire pour que la fusée SLS soit envoyée dans l'espace. Après une remise à neuf, l'étage central a été transporté par barge jusqu'au Kennedy Space Center.



L'étage central est soulevé de sa position dans l'allée de transfert du bâtiment d'assemblage de véhicules (VAB)



Quatre moteurs RS-25, dérivés de ceux de la navette spatiale, propulseront la fusée SLS dans l'espace.



**Artemis-3, qui sera la première mission à poser des humains sur la Lune depuis Apollo 17 en 1972, devrait être lancée dans les prochaines années. La NASA a récemment attribué le contrat de construction de l'atterrisseur lunaire de nouvelle génération à SpaceX, qui adapte la conception de son vaisseau spatial Starship à cet effet.**





## 28 millions de \$ pour partir dans l'espace avec Bezos

*Jeff Bezos, son frère Mark, le gagnant de l'enchère, et un autre touriste non encore annoncé, formeront l'équipage de quatre personnes pour le vol du 20 juillet dans sa capsule Blue Origin.*

Un enchérisseur mystérieux a payé 28 millions de dollars pour un siège sur le premier vol spatial avec équipage de la société Blue Origin, du milliardaire et fondateur d'Amazon, Jeff Bezos. Cette enchère gagnante a été faite lors d'une vente aux enchères le samedi 12 juin dernier ; Blue Origin a tweeté que l'identité du « gagnant » serait révélée dans les semaines à venir et que le montant de l'enchère gagnante sera reversé à la fondation de Blue Origin :

[@ClubforFuture](#)

Le processus d'appel d'offres avait suscité l'intérêt de plus de 140 pays. Les deux autres membres d'équipage du vol du 20 juillet sont le frère de M. Bezos, Mark, et un autre touriste spatial anonyme.

M. Bezos a une valeur nette de 186,2 milliards de dollars, selon le magazine Forbes. Cela fait de lui l'une des personnes les plus riches du monde... et il s'est même payé récemment le studio de la MGM, histoire d'offrir plus de films à ses chers consommateurs.

Forbes



Jeff Bezos : « Le 20 juillet, je ferai ce voyage avec mon frère. La plus grande aventure, avec mon meilleur ami ».

Le frère de M. Bezos, Mark, a décrit le vol prévu sur le lanceur New Shepard de Blue Origin comme une « remarquable opportunité ».

Selon le site Web de Blue Origin, la société prévoit de lancer ses passagers à plus de 100 km au-dessus de la surface de la Terre, leur permettant de faire l'expérience de la microgravité. La capsule à six places reviendra sur Terre à l'aide de parachutes. Ce voyage à la frontière de l'espace devrait durer environ 10 minutes.

La fusée New Shepard peut atterrir verticalement sur le sol après son retour de l'espace ; elle porte le nom d'Alan Shepard, la deuxième personne et le premier citoyen américain à voler dans l'espace (avec la capsule Mercury).

THE WORLD'S REAL-TIME

# BILLIONAIRES



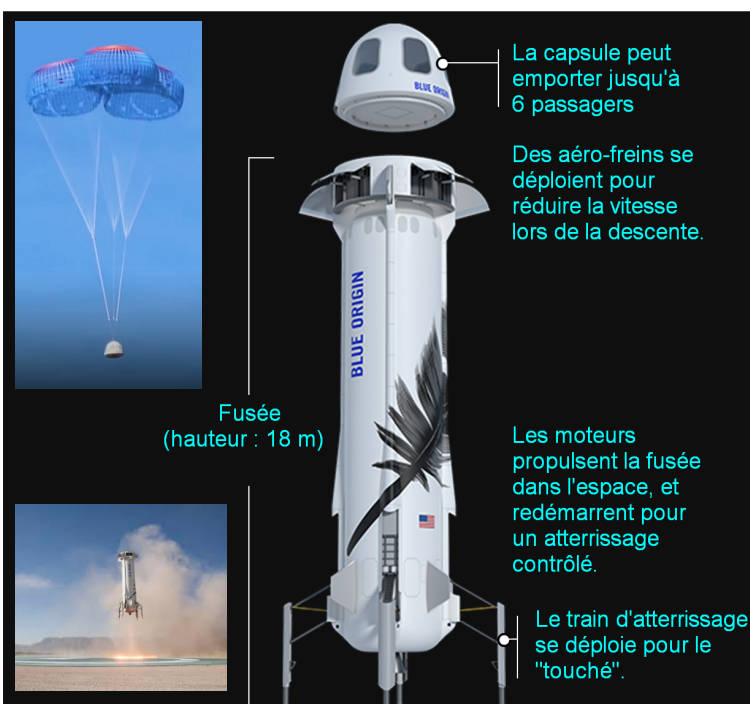
Today's Winners and Losers



Ce premier vol avec équipage intervient quelques semaines seulement après que M. Bezos envisage de quitter ses fonctions de PDG d'Amazon. Au lieu de cela, il occupera le poste de Président exécutif du géant du commerce électronique qu'il a fondé il y a 30 ans dans son garage, ce qui lui permettra « de consacrer du temps et de l'énergie à d'autres projets ».

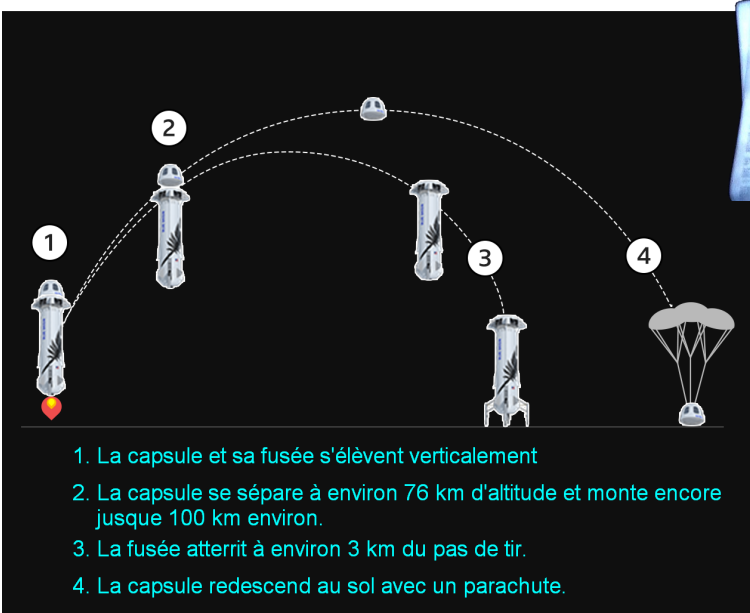
Mais, pendant ce temps, un pionnier de l'espace rival pourrait voler la marche du podium à Jeff Bezos. On pense que Richard Branson pourrait participer à un vol d'essai de son avion spatial Virgin VSS Unity le 4 juillet...

**NEW SHEPARD** : une fusée réutilisable pour envoyer des passagers dans l'espace.



Source : Blue Origin

**Profil de vol de la fusée NEW SHEPARD**



Source: Blue Origin



**Mais...  
qui est  
Jeff Bezos**

?

**Jeff Bezos est la personne la plus riche du monde.**

En 2017, il est devenu le premier cent-milliardaire au monde ; une valeur nette de 100 milliards de dollars ! Et après avoir gagné des dizaines de milliards pendant la pandémie de coronavirus, le chiffre a augmenté... beaucoup, ce chiffre est maintenant beaucoup plus élevé.



Comment est-ce possible ?



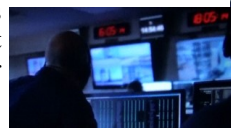
Sa fortune est venue de la fondation d'Amazon, dont il est toujours le patron, sans parler de ses autres entreprises... Du Washington Post à Whole Foods, propriété d'Amazon, en passant par la société d'exploration spatiale Blue Origin et la récente acquisition des studio de la MGM...



Mais M. Bezos semble un peu jouer de la contradiction : un homme alpha et ringard, avec la réputation de se soucier vraiment des clients, mais accusé de négliger ses employés. Un homme d'affaires critiqué pour ses « maigres » efforts caritatifs, mais qui s'est attaché à sauver la planète.



Comme son homologue de la Silicon Valley, Elon Musk, Bezos considère qu'investir dans les voyages spatiaux est un devoir moral.







Mais de retour sur Terre, les politiciens l'assaillent de tous les côtés...



En tant que société, sommes-nous prêts à en accepter le coût ?



Il faut sortir de l'aide sociale !



AMAZON s'est fait 74 milliards de dollars pendant le COVID alors que nous risquons nos vies.

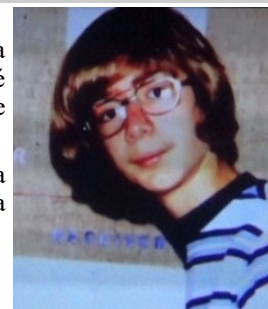
« il semble avoir les mains pleines ».



Pilleur du peuple



À 10 ans, sa précocité l'a emporté... quand il a fait fondre en larmes sa grand-mère après avoir calculé combien d'années elle avait perdu de sa vie en fumant.



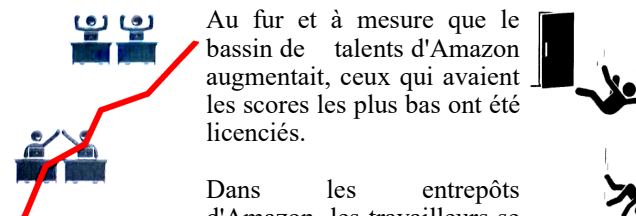
Son grand-père l'a pris à part et lui a dit :

« Tu vas comprendre un jour qu'il est plus difficile d'être gentil que malin ».

L'image publique de Bezos est sans doute quelqu'un qui se soucie plus de l'intelligence que de la gentillesse. Et c'est sa concentration continue, son obsession sur les courbes chez Amazon qui le montre vraiment.



Au début, le patron d'Amazon demandait les résultats des tests des entretiens pour le travail, et augmentait continuellement le score requis.



Au fur et à mesure que le bassin de talents d'Amazon augmentait, ceux qui avaient les scores les plus bas ont été licenciés.

Dans les entrepôts d'Amazon, les travailleurs se



sont plaints des pauses toilettes programmées et des postes de travail électroniques qui surveillent les employés pour s'assurer qu'ils emballent suffisamment de cartons.

Mais voici des choses que vous devriez savoir sur Jeff Bezos :



C'était un enfant précoce.

À seulement 3 ans, Bezos a compris comment démonter son lit de camp avec un tournevis. Il a développé des compétences en ingénierie à un très jeune âge, mettant en place une alarme électronique pour garder ses jeunes frères et sœurs hors de sa chambre.





Mais l'affection de Bezos pour les courbes... montantes, pourrait en fait expliquer la façon très inhabituelle d'Amazon de faire des affaires.

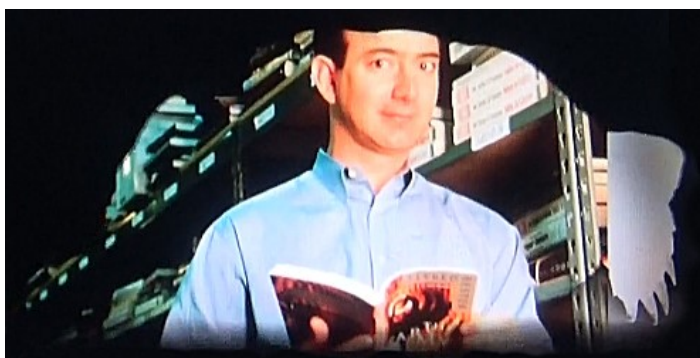


Pendant des années, Wall Street était chagriné par le manque de profit des affaires d'Amazon.



Pourtant, d'après Bezos : « *Quand le cours des actions allait dans le mauvais sens, tout au sein de l'entreprise allait dans le bon sens* ».

**Jouer la tortue et pas le lièvre !**



M. Bezos ne voulait pas se précipiter et était heureux d'attendre son temps pour réinvestir et développer l'entreprise, confiant que sa vision à long terme porterait ses fruits.

Jeff Bezos : « *De nombreux traits qui rendent Amazon inhabituel sont maintenant profondément ancrés dans la culture de l'entreprise* ».



**La culture amazonienne n'est pas pour les âmes sensibles...**

Jeff Bezos a toujours fait les choses un peu différemment chez Amazon. Il a installé la librairie dans son garage en 1994, avertissant les premiers investisseurs qu'il y avait 70 % de chances que ça échoue.

Depuis lors, il a établi de nombreuses règles, rituels et

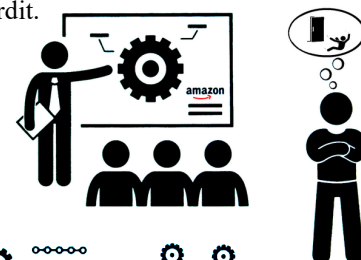


traditions qui, pour un étranger, peuvent sembler un brin excentriques.

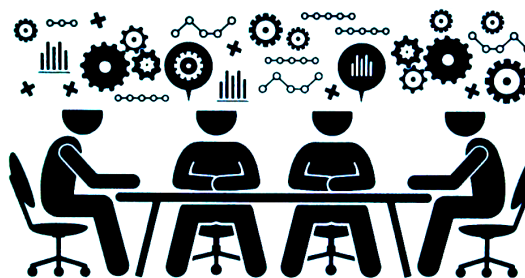


Ne pensez même pas à utiliser PowerPoint dans une présentation Amazon. C'est interdit.

Au lieu de cela, tout le monde lit, puis discute un long mémo soigneusement rédigé.



Il n'aime pas non plus les grandes équipes.



En fait, selon Bezos, une équipe doit être suffisamment petite pour pouvoir être nourrie de deux pizzas. Un principe simple à mettre en œuvre...

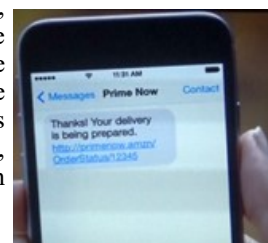


Jeff Bezos (1999) : « *s'il y a une chose sur Amazon.com, c'est l'attention obsessionnelle portée à l'expérience client* ».



Par-dessus tout, Bezos aime parler de ce qu'il appelle

l'obsession du client. En fait, si vous avez un problème avec Amazon, vous pouvez même lui envoyer un email, à : [jeff@amazon.com](mailto:jeff@amazon.com).





M. Bezos transmettra souvent une plainte à un collègue, accompagnée d'un seul point d'interrogation, ce qui signifie qu'ils devraient probablement laisser tomber ce qu'ils font, et s'y intéresser.



Au bureau, les employés sont encouragés à s'évaluer les uns les autres et doivent adhérer aux quatorze « *Principes du leadership* », qui incluent le fait d'avoir les « *reins*

**Have Backbone; Disagree and Commit**

Leaders are obligated to respectfully challenge decisions when they disagree, even if it feels uncomfortable or exhausting. Leaders have conviction and are tenacious. They do so for the sake of social cohesion. Once a decision is determined, they commit wholeheartedly.

solides » pour critiquer les autres, donc il faut : « *des meneurs convaincants et tenaces* ».

Lorsqu'un article du New York Times décrivait une atmos-

The New York Times

**Inside Amazon: Wrestling Big Ideas in a Bruising Workplace**

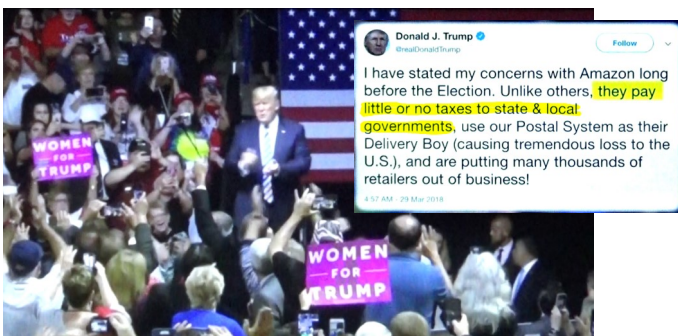


phère d'intimidation dans l'entreprise, Jeff Bezos a répondu directement à ses employés dans une note :

Quiconque travaille dans une entreprise qui ressemble vraiment à celle décrite dans le NYT serait fou d'y rester.

Jeff Bezos PDG d'Amazon.

En 2018, le président Trump accuse Bezos d'évasion fiscale et de pratiques commerciales anticoncurrentielles ; cela va



entraîner une chute du cours de l'action d'Amazon de 9 %, et réduire la richesse personnelle de Bezos de plus de 10 milliards de dollars... qui seront récupérés plus tard.

Les critiques d'Amazon se sont poursuivies avec le « *Stop BEZOS act.* » du sénateur Bernie

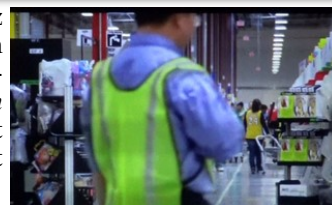


Sanders (sept. 2018) : « *la personne la plus riche du monde fait de la publicité pour des emplois qui paient des salaires si faibles aux travailleurs qu'ils doivent utiliser des bons d'alimentation* ». Mais Bezos a en fait répondu, et va augmen-



Le sénateur Bernie Sanders défend son projet.

ter le salaire minimum chez Amazon à 15 \$ de l'heure. En octobre 2018, le sénateur déclarait : « *M. Bezos et Amazon montrent la voie...* ». Et ce n'est pas la seule fois où Bezos a fait un virage à 180 degrés...



En 2018, il a repoussé les critiques pour un manque perçu

de travail caritatif, en versant un total de 2 milliards de dollars pour les sans-abri et l'éducation, par le biais de son **Bezos Day One Fund**, un organisme de bienfaisance fondé par son ex-femme, l'auteur MacKenzie Bezos.



**Nous sommes vraiment évolués pour être des pionniers.**

Jeff Bezos a de grands projets dans l'espace.

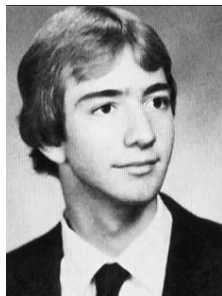
Bezos investit 1 milliard de dollars chaque année dans sa Société spatiale :

**Blue Origin**





Jeff Bezos : « c'est le travail le plus important que je fais. Quand j'avais cinq ans, Neil Armstrong est monté sur la Lune. J'ai été marqué de cette passion pour l'espace et l'exploration ».



Depuis le lycée, Bezos a rêvé d'un plan épique pour l'humanité.

Jeff Bezos : « Cette planète, ce joyau... nous sommes une espèce importante et capable de vraiment la changer ; nous pouvons résoudre ce problème en déménageant dans le système solaire ».

À l'instar du magnat et confrère Elon Musk, il crée une flotte de fusées qui, comme par magie, peuvent atterrir verticalement, les rendant réutilisables et donc plus viables financièrement. Mais, contrairement à Musk, il n'accélère pas vers son objectif, mais le trace méthodiquement, tranquillement, et avance.

**Gradatim Ferociter**

Étape par étape, férocement, est la devise de Blue Origin.

Une devise par laquelle Bezos lui-même vit, lui qui construit aujourd'hui une horloge pour 10 000 ans à l'intérieur d'une montagne sur son ranch du Texas : un symbole de sa clairvoyance.



Nous nous engageons à construire une route vers l'espace pour que nos enfants puissent construire l'avenir.

Blue Origin

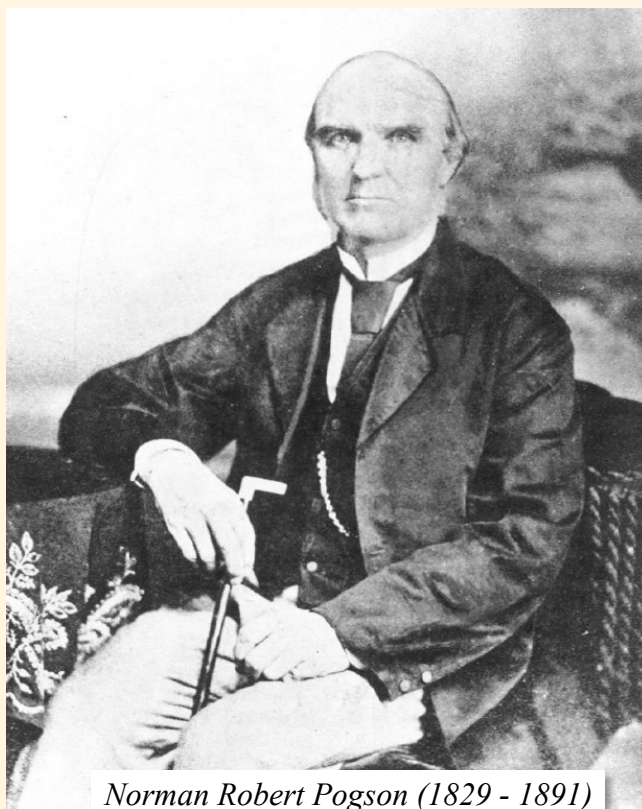




# C'est arrivé ce jour-là...

## Juin 1891, il y a 130 ans

Norman Robert Pogson était un astronome britannique. Il est né le 23 mars 1829 à Nottingham en Angleterre. Son parcours scolaire fut atypique. Il a quitté l'école à 16 ans, mais il était fasciné par la science, les mathématiques et l'astronomie. A 18 ans, il a calculé les orbites de 2 comètes, avec l'aide de John Russell Hind de la Société Royale d'Astronomie. Il s'intéressait aux comètes et aux astéroïdes qu'on appelait encore souvent les petites planètes, en particulier Iris qui venait d'être découvert récemment. En 1852, il a été engagé à l'Observatoire Radcliffe en tant qu'assistant. Entre 1856 et 1885, il a découvert 8 astéroïdes dont Isis, découvert le 23 mai 1856, sa première découverte pour laquelle il a reçu la médaille Lalande. A Oxford, il a étudié les étoiles variables et en 1854 il a aidé Sir George Airy dans la réalisation d'une expérience pour la détermination de la densité de la Terre. En 1860, il devient astronome du gouvernement à l'observatoire de Madras en Inde. C'est là qu'il a découvert la plupart de ses petites planètes, mais aussi 7 étoiles variables. Dans toute sa carrière, il aura découvert pas moins de 106 étoiles variables, 21 étoiles variables possibles et 7 supernovas possibles. Mais sa plus notable contribution concerne la magnitude des étoiles : il a élaboré une formule qui permet de passer d'une échelle des grandeurs élaborée par l'astronome grec Hipparque basée



*Norman Robert Pogson (1829 - 1891)*

sur la sensation visuelle à une formule mathématique qu'on peut étendre à tous les objets, visibles ou non. Une étoile de 1<sup>re</sup> grandeur semble 100 fois plus lumineuse qu'une étoile de 6<sup>e</sup> grandeur, pour passer donc, d'une magnitude à la suivante, l'étoile perd  $100^{1/5}$  de magnitude : cette valeur (2,512) est le ratio de Pogson. La relation entre les magnitudes de 2 étoiles



*L'observatoire de Madras en 1838*

s'établit donc ainsi

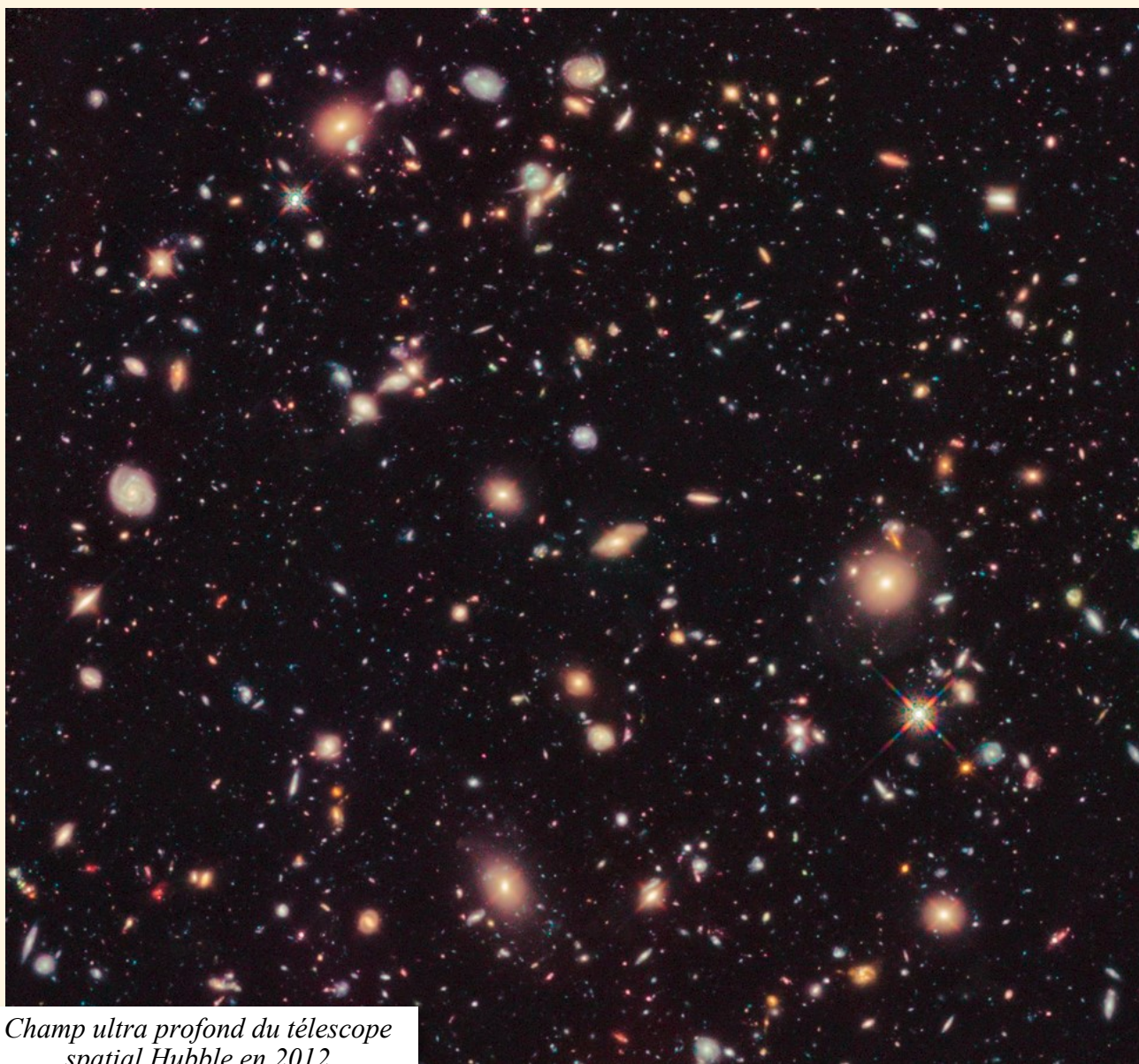
$$m_1 - m_2 = -2,5 \log_{10}(L_1/L_2)$$

Où  $L_1$  et  $L_2$  sont les luminosités des étoiles.

Cette formule permet non seulement de calculer plus précisément les magnitudes des étoiles, mais aussi et surtout, d'allonger l'échelle des magnitudes depuis les étoiles visibles à l'œil nu des Grecs (de 0 pour Véga à 6 pour les plus faibles) aux astres très brillants comme le soleil (magnitude = -27) et jusqu'aux galaxies les plus lointaines (magnitude proche de 31,2 avec le champ extrêmement profond du télescope spatial Hubble).

Norman Pogson s'est marié une première fois en Angleterre en 1849 avec Elisabeth Jane

Ambrose avec laquelle il a eu 11 enfants. Elle est morte en 1869. Il s'est par la suite remarié à Madras en 1883. Edith Louisa Stopford Sibley était alors âgée de 33 ans, lui en avait 54. Avec elle, il a eu 3 enfants, Frederik Vere, Edith Vera (morte très jeune) et Edith Gladys. L'astéroïde (245) découvert précédemment le 6 février 1885 a été renommé (245) Vera en l'honneur de sa fille. C'est aussi le cas de l'astéroïde (42) Isis, le premier astéroïde qu'il a découvert en 1856, nommé d'après sa fille Elizabeth Isis Pogson née le 28 septembre 1852. Pendant 30 ans, sans prendre le moindre repos, il a travaillé à l'Observatoire de Madras. Sa santé a décliné et il est mort le 23 juin 1891 à l'âge de 62 ans.



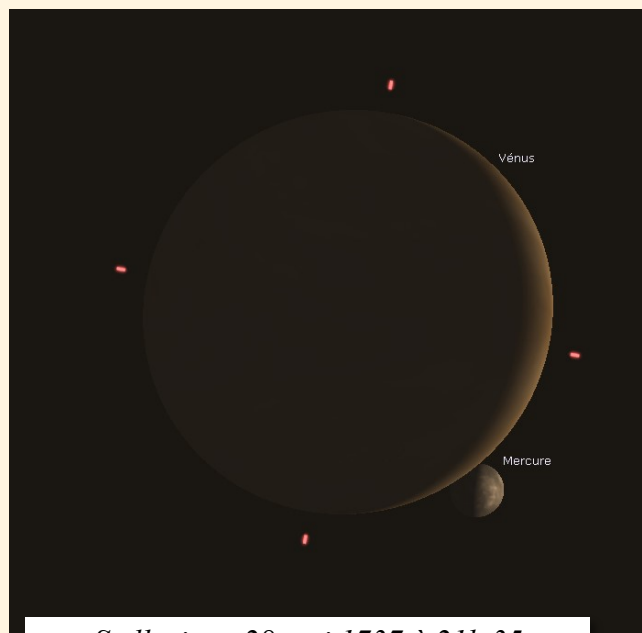
*Champ ultra profond du télescope spatial Hubble en 2012*



## Juin 1771, il y a 250 ans

John Bevis est un médecin britannique. Il est né le 10 novembre 1695 à Salisbury, dans le comté de Wiltshire. John Bevis est aussi astronome amateur et, en 1731, il est le premier à observer une petite nébulosité dans la constellation du Taureau. 27 ans avant que Charles Messier ne la redécouvre en 1758, avant qu'elle ne prenne son nom de code M1 dans le célèbre catalogue, ou qu'elle ne prenne définitivement son surnom, John Bevis a découvert la nébuleuse du Crabe. En prenant connaissance du catalogue d'objets diffus que Charles Messier est en train d'élaborer dans sa quête des comètes, John Bevis envoie une lettre à Messier, datée du 10 juin 1771, dans laquelle il l'informe de son observation de 1731. Dans les éditions ultérieures de son catalogue, Charles Messier ajoute alors une note reconnaissant la paternité de la découverte de la nébuleuse du Crabe à John Bevis. On doit également à John Bevis, l'observation et le rapport d'une occultation extrêmement rare d'une planète par une autre : en l'occurrence l'occultation de Mercure par Vénus le 28 mai 1737.

En 1738, John Bevis entreprend la réalisation de son propre atlas céleste, *Uranographia Britannica*, grâce aux observations qu'il effectue depuis son propre observatoire. Son catalogue est terminé en 1750, mais son éditeur fait faillite avant la publication de l'ouvrage. Quelques exemplaires seulement seront imprimés en 1786, sous le titre *d'Atlas céleste*, mais sans que le nom de John Bevis ne soit mentionné. Les 1<sup>er</sup> et 2 mai 1759, John Bevis observe le retour de la comète de Halley. Ce retour avait été prédit par Edmund Halley qui en avait fait une comète périodique avec une période de 76 ans. La comète de Halley est d'ailleurs la première avec comme nom officiel : 1P/Halley (P pour périodique). Par calculs, Clairaut avait affiné les paramètres orbitaux de cette comète. John Bevis est l'un des deux seuls Britanniques, avec Nicholas Munkley à l'avoir observée. En 1769, John Bevis observe le transit de Vé-

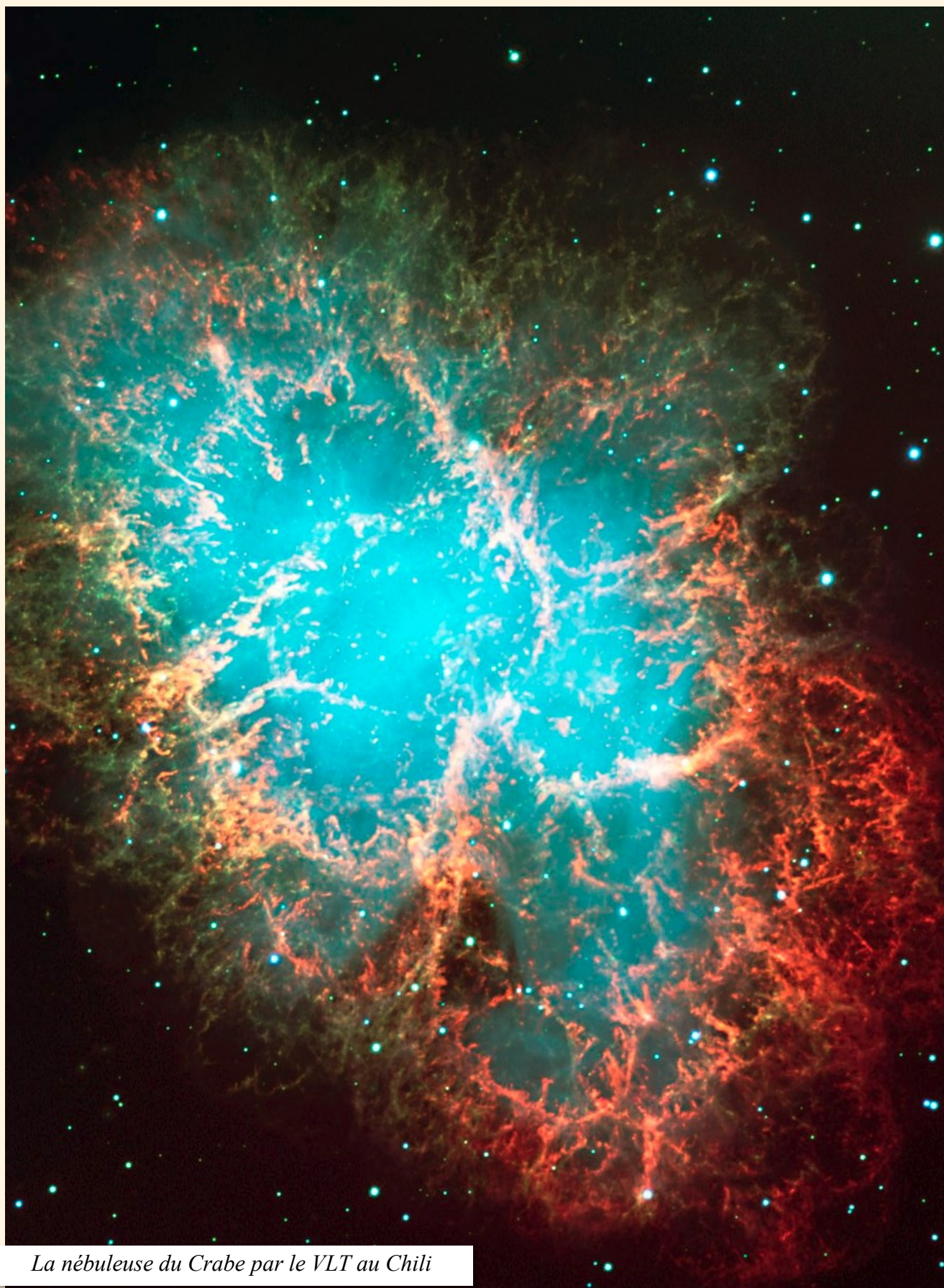


*Stellarium, 28 mai 1737 à 21h 35*

nus devant le Soleil. Il profite du phénomène pour décrire et faire des dessins du phénomène de la goutte noire qui apparaît lorsque la planète est juste en contact avec le Soleil. Il décède en 1771, quelques jours avant ses 76 ans des suites d'une blessure causée par une chute de son télescope...



*Le phénomène de la goutte noire lors du transit de Vénus devant le Soleil*



*La nébuleuse du Crabe par le VLT au Chili*





Et vous ? Vous avez fait quoi pendant le confinement ?

Moi, j'ai pris l'avion et voyagé vers les pays de mes rêves : Chili, Canaries, Hawaii, les meilleurs endroits sur Terre pour l'astronomie.

### **Virtuellement !**

Il y a 15 ans, Microsoft arrêta le développement de Flight Simulator, mais le genre est en train de renaître sous l'impulsion de 3 nouvelles technologies :

- L'imagerie satellite. Il est possible de télécharger des images satellite haute résolution (1m/pixel ou mieux), gratuitement. Microsoft, Google et les instituts géographiques nationaux sont les principaux fournisseurs. Par ailleurs la technologie Lidar a permis de constituer des cartes topographiques avec une précision meilleure que le mètre. En convertissant ces relevés de terrain comme des maillages de millions de petits triangles, et en dessinant un bout de photo satellite sur ce triangle, on obtient des scènes en 3D, vraiment très réalistes.
- Les dernières cartes graphiques pour PC sont capables de calculer ces millions de triangles, et de générer des images sur 2 voire 3 écrans en résolution 4K.
- Les casques de réalité virtuelle. J'avais déjà une bonne expérience des casques Oculus, notamment pour les animations du club, mais quand j'ai essayé un simulateur de vol, ça a été une vraie révélation ! Rien à voir avec un simulateur de vol sur écran de PC. Il y a une vraie sensation de vol. Et le pilotage est beaucoup plus facile car on perçoit les perspectives et les distances.



## Casque VR...

Bien que son image soit peu contrastée, le HP Reverb Pro, avec une résolution de 4K à chaque œil, est la référence pour la simulation de vol. Cette résolution permet de lire très nettement tous les petits chiffres sur les instruments et de distinguer les petits détails à l'horizon.



## Simulateur de vol...

Petit problème cependant, sur internet, personne ne propose de décors pour simulateur de vol, intégrant les grands télescopes.

Avec l'aide de la communauté des « simers » (les adeptes des simulateurs, des français qui sont très actifs, en comparaison avec les autres pays. D'ailleurs, le prochain Flight Simulator, FS2020, qui s'annonce comme une révolution, est développé à Bordeaux), j'ai appris comment faire pour créer moi-même des décors pour le simulateur X-Plane 11.

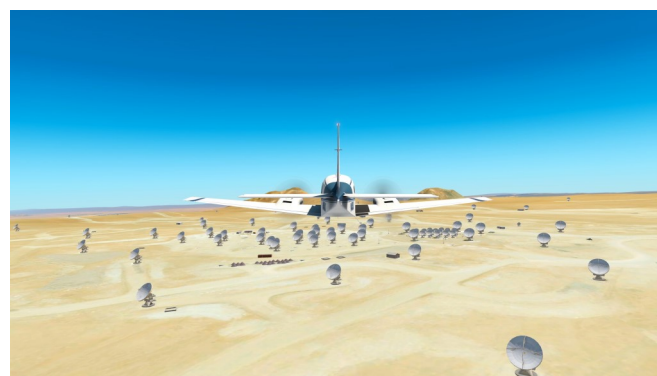
C'est comme ça que je me suis lancé dans un défi complètement fou : serai-je capable de modéliser, en 3D, les 140 grands télescopes, des 7 principaux observatoires dans le monde. 4 au Chili, 2 aux Canaries, et 1 à Hawaii.

Plusieurs centaines d'heures de travail plus tard, mission accomplie, et je suis fier d'avoir pu offrir ces décors en freeware sur le site Xplane.org

Alors, bouclez vos ceintures, je vous emmène pour un petit survol autour du monde des grands télescopes !

## Décollage...

Premier décollage depuis San Pedro de Atacama, dans le Nord du Chili.



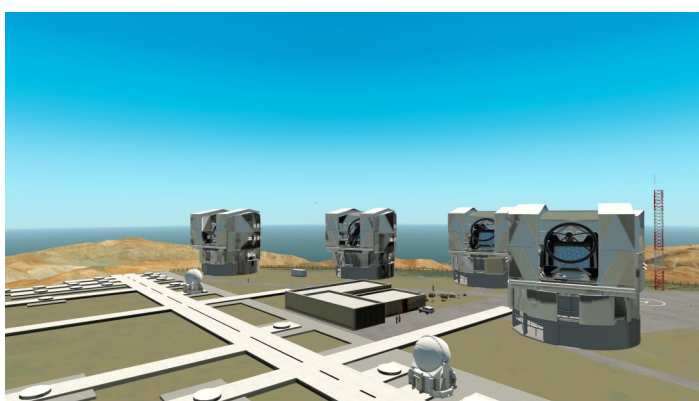
Dans des paysages fantastiques, l'ESO (European Southern Observatory) a installé le réseau **ALMA**, un réseau de 68 grands radio télescopes. A 5000 m d'altitude, on y manque d'oxygène, ce qui complique le pilotage d'un avion turbopropulseur.





Un peu plus au sud, sur des sommets d'où l'on peut voir l'océan, se trouve l'observatoire **Paranal**, qui compte de très nombreux télescopes Européens.

Avec ses 4 grands télescopes de 8,2 m, qui peuvent être combinés à 4 plus « petits » (1,8 m), et son optique adaptative, le **VLT** est, de loin, le télescope le plus performant actuellement.



Les « simers » aiment que les décors soient riches en détails, alors, en guise de clin d'œil, j'ai intégré dans la scène les décors du film 007 – « Quantum of Solace ».

Le film a été tourné dans la résidence qui héberge les astronomes de l'ESO (European Southern Observatory), à l'architecture si particulière. On y remarque notamment un dôme au dessus de la piscine exotique, qui est capable de se fermer complètement pour éviter qu'aucune lumière ne vienne polluer le ciel parfait du désert d'Atacama.



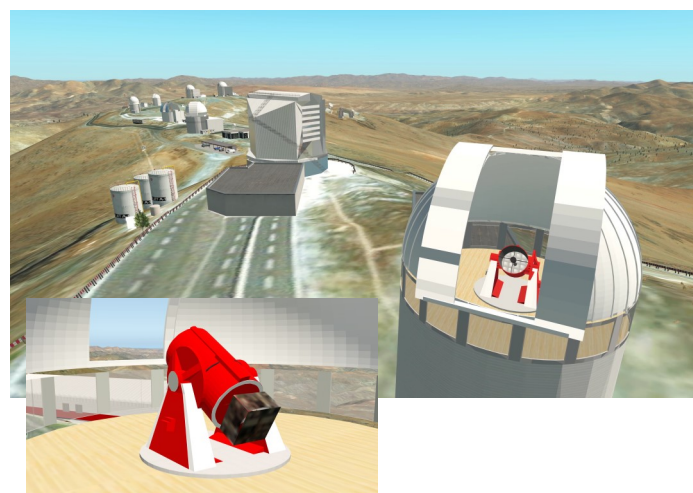
La plus grosse densité de télescopes se trouve plus au sud du désert, dans la même région où nous nous sommes installés avec l'observatoire SADR.

On y trouve les observatoires **Las Campanas, La Silla, Cerro Pachon et Cerro Tololo** :



Parmi les télescopes majeurs, on peut citer le Magellan, le Gemini, le Blanco, et des dizaines de grands télescopes européens et américains.

Je me aussi suis fait plaisir à modéliser très en détails des télescopes moins gros, mais que je trouvais esthétiques.



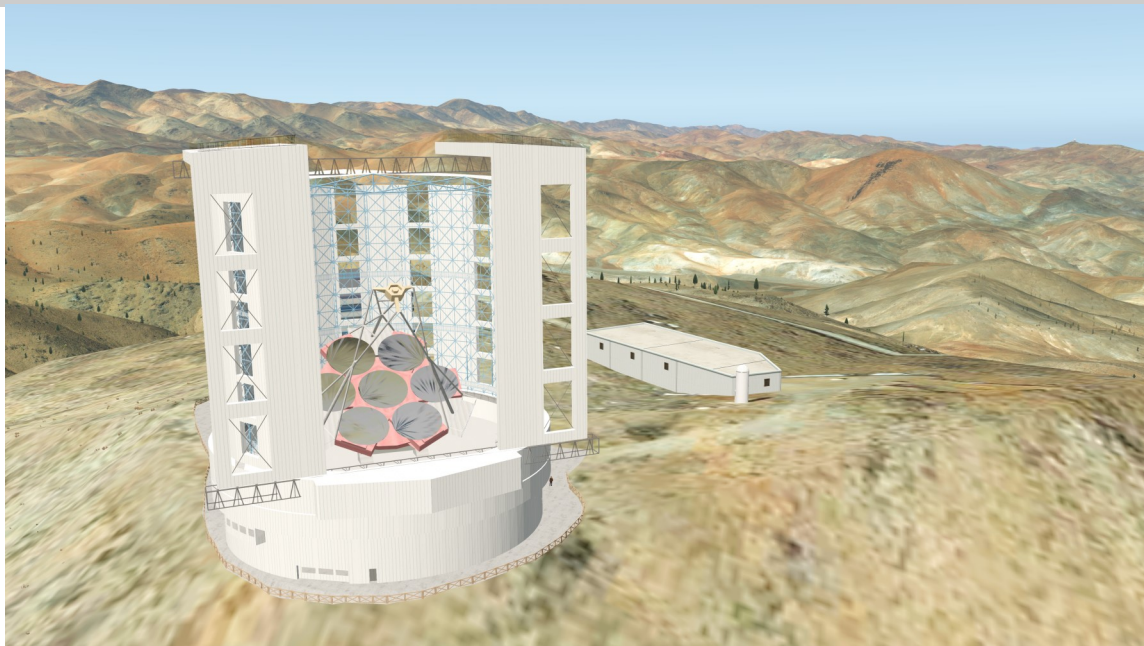
En particulier le télescope américain **Du-pont**, le télescope polonais, ou encore le télescope **Swiss-Euler**, dont la monture azimutale reprend la couleur rouge et blanche du drapeau suisse.



Ces observatoires Chiliens sont encore en plein développement.

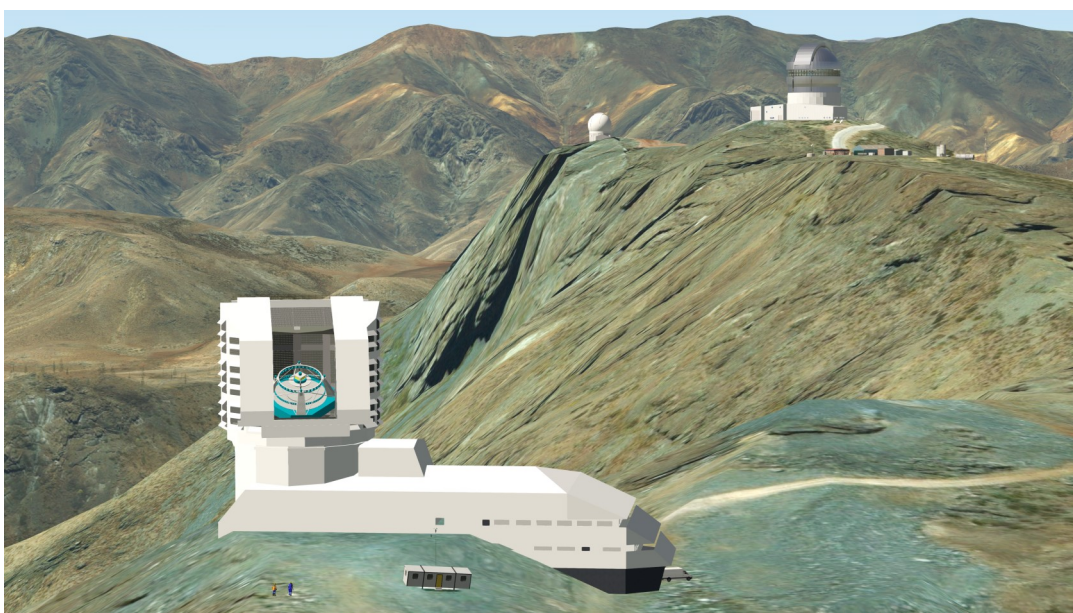
### Le **Giant Magellan**

Télescope sera installé à l'observatoire Las Campanas.



Le télescope **Vera Rubin** est en construction sur le sommet du Cerro Pachon.

Son télescope de 8,4 m disposera d'un champ de vision très large capable de Scanner, en 3 jours seulement, l'ensemble des objets de la voûte céleste jusqu'à la magnitude 24.



A sa mise en service en 2022, son objectif sera de répertorier des milliards de nouvelles galaxies, et de surveiller l'évolution de milliers de supernovas, point essentiel pour la recherche sur l'énergie sombre.

Il aura aussi vocation à répertorier les petits corps présents dans le système solaire (astéroïdes, comètes et objets de la ceinture de Kuiper).

Produisant 20 To d'images par nuit, la puissance de calcul nécessaire pour exploiter ces données sera phénoménale.

Son champ de vision lui permettra aussi de cartographier les petits astéroïdes (~300 m), qui pourraient être dangereux pour la Terre.

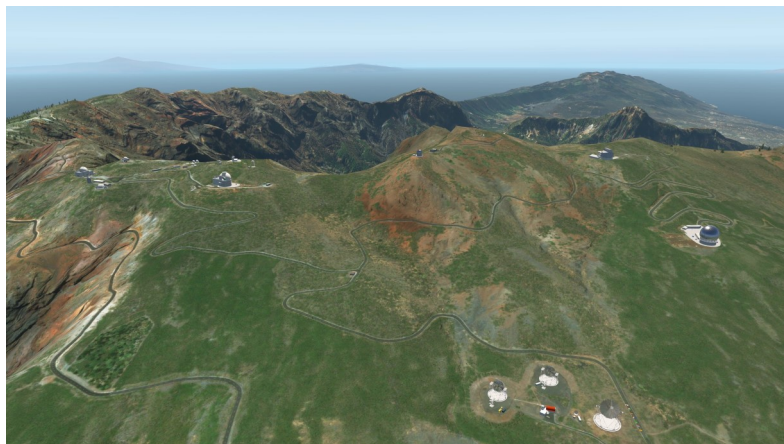
Mais le très controversé projet Starlink, une constellation de 42000 satellites lancés par SpaceX, gênera beaucoup le travail du Vera Rubin. On pense que 30% à 50% des prises de vue seront inexploitable à cause du projet Starlink.



Pour y avoir voyagé déjà deux fois, je me devais de modéliser les observatoires des **Canaries**.

Les paysages y sont majestueux, ce qui m'a permis de réaliser mes plus beaux décors de simulation aérienne.

A Tenerife, au bord du parc National du Teide (le plus haut sommet d'Espagne), se situe le premier des deux observatoires des Canaries.



Observatoire du Teide, à Tenerife.

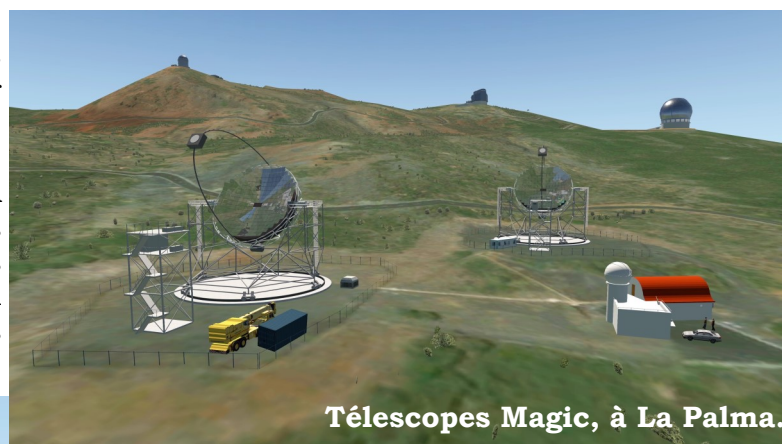
Les télescopes optiques sont plutôt installés sur l'île de la Palma, au bord d'une caldera vertigineuse.

Il faut une voiture puissante et plus d'une heure de route en lacets pour s'y rendre, à 2400 m d'altitude.

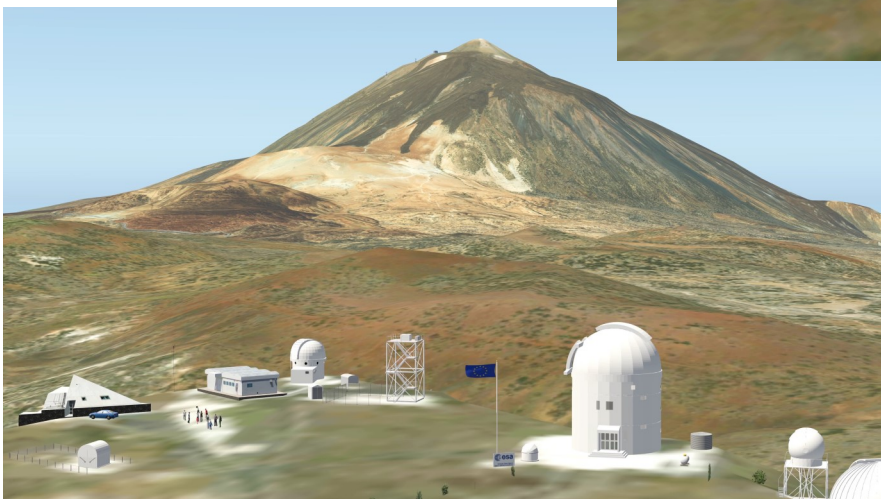
Dans un paysage grandiose, sont installés de nombreux télescopes, dont le Gran Telescopio Canarias, qui détient (pour quelques mois encore), le record du monde (miroir de 10,4 m).

On y trouve principalement des télescopes solaires, reconnaissables par leur forme en grande tour blanche.

Mais aussi le télescope de l'ESA (European Space Agency) qui a la très importante mission de cartographier les débris orbitant autour de la Terre et qui peuvent constituer un danger pour les missions spatiales.



Télescopes Magic, à La Palma.



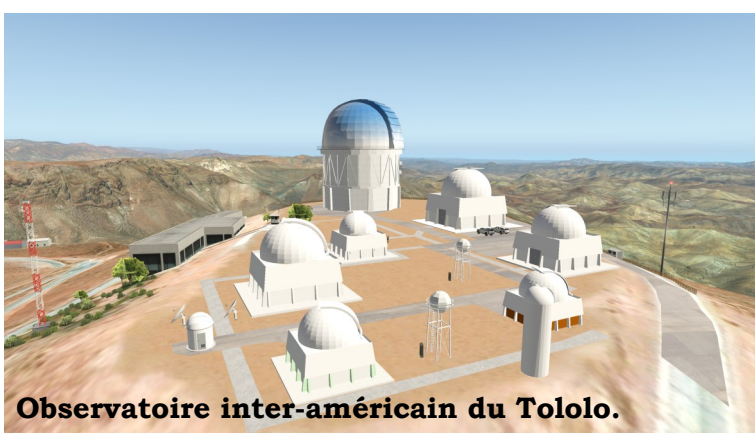
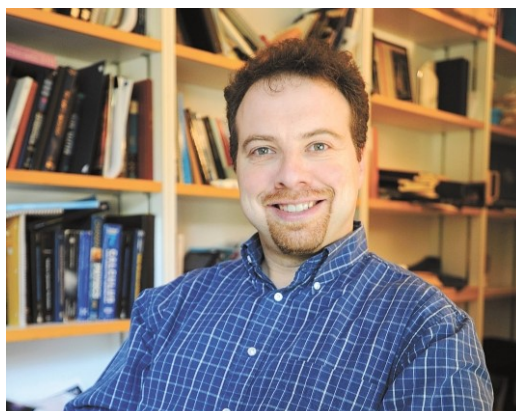
On remarque aussi les deux grands télescopes MAGIC (diamètre 17 m), prototypes d'une nouvelle famille de télescopes : des télescopes à effet Cerenkov.



## A la recherche de l'énergie sombre...

Adam Reiss, un jeune universitaire américain de 28 ans, obtient en 2011 le prix Nobel pour ses travaux avec l'équipe du High-z Supernova.

Les travaux mobilisent 3 grands télescopes. Le télescope de 4 m du Cerro Tololo est chargé de répertorier les supernovas.



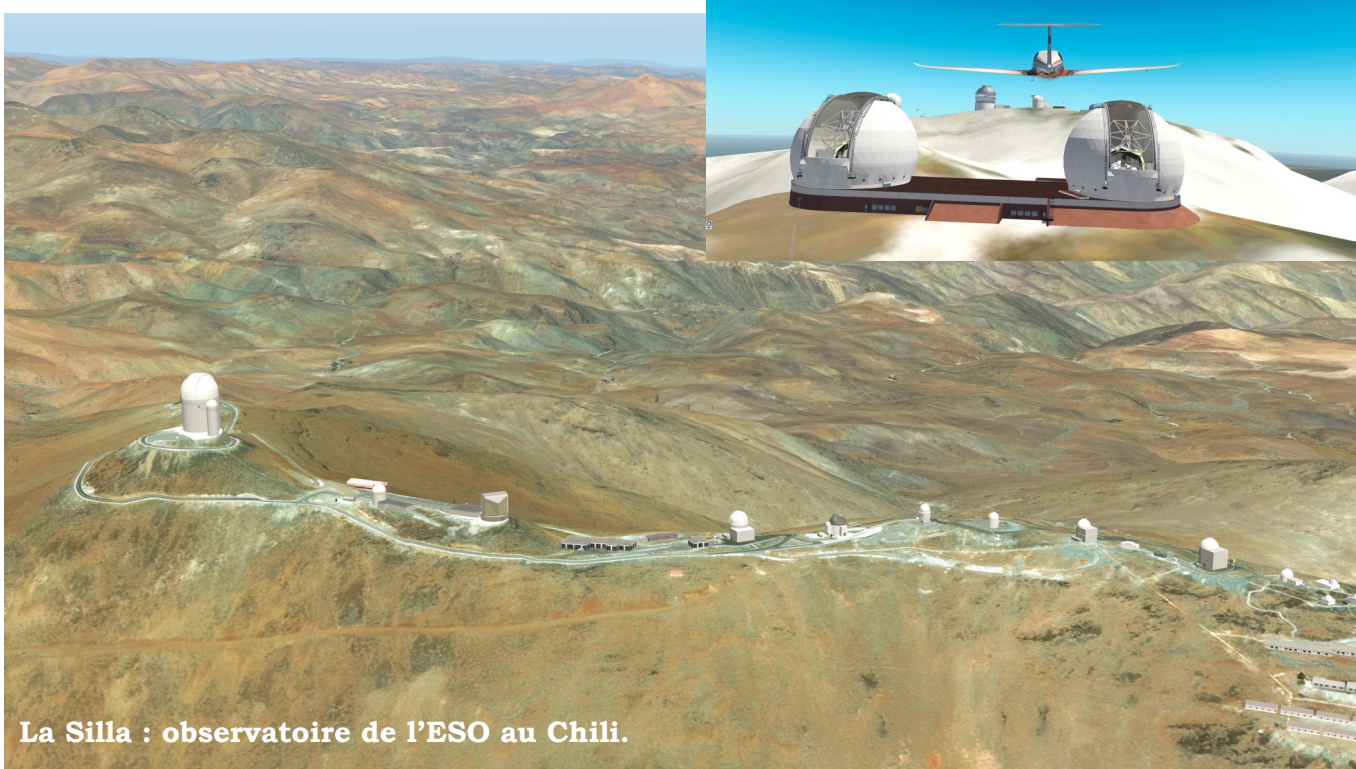
**Observatoire inter-américain du Tololo.**

L'observatoire du Keck, à Hawaii, et le télescope de 3,6 m de l'ESO, à La Silla, au Chili, sont chargés de mesurer le redshift (décalage vers le rouge, donc vitesse d'éloignement) de ces supernovas.

Les mesures conduisent à un résultat révolutionnaire : l'expansion de l'univers accélère, signe probable que celui-ci contient une forme mystérieuse d'énergie, appelée énergie sombre, qui se comporterait comme une force gravitationnelle répulsive.

Les observations menées semblent indiquer que l'énergie sombre doit représenter 70% de la densité d'énergie totale dans l'univers.

**Les télescopes Keck à Hawaii.**



**La Silla : observatoire de l'ESO au Chili.**

## Les télescopes du futur...

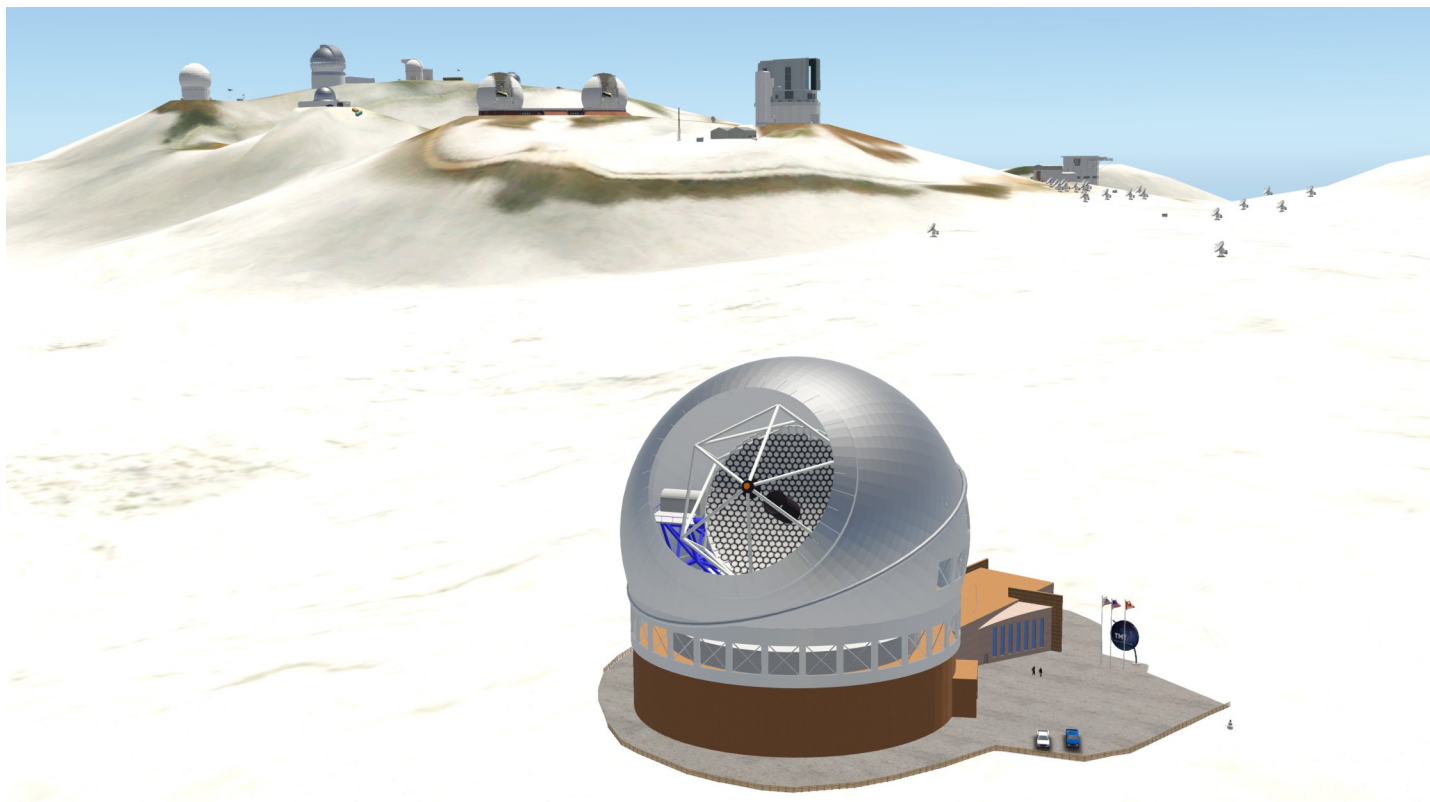
Je me suis amusé à intégrer dans mes scènes, les futurs grands télescopes, dont la construction vient de commencer.

Voici le **TMT** (Thirty Meter Telescope, 30 m de diamètre), que j'aurais pu placer aux Canaries (le « Plan B » suite aux protestations des habitants de Hawaïi, qui reprochent aux américains l'installation d'un télescope supplémentaire sur un sommet sacré).

Le dernier référendum semble finalement l'emporter pour le OUI, alors c'est dans la scène d'Hawaïi que j'ai choisi de proposer ce télescope dont l'architecture du dôme est vraiment surprenante.

Avec une optique adaptative et un miroir primaire de 492 segments hexagonaux de 1,4 m pour un total de 30 m de diamètre, il devrait pouvoir produire des images 10 fois plus précises que Hubble, avec une sensibilité 100 fois supérieure.

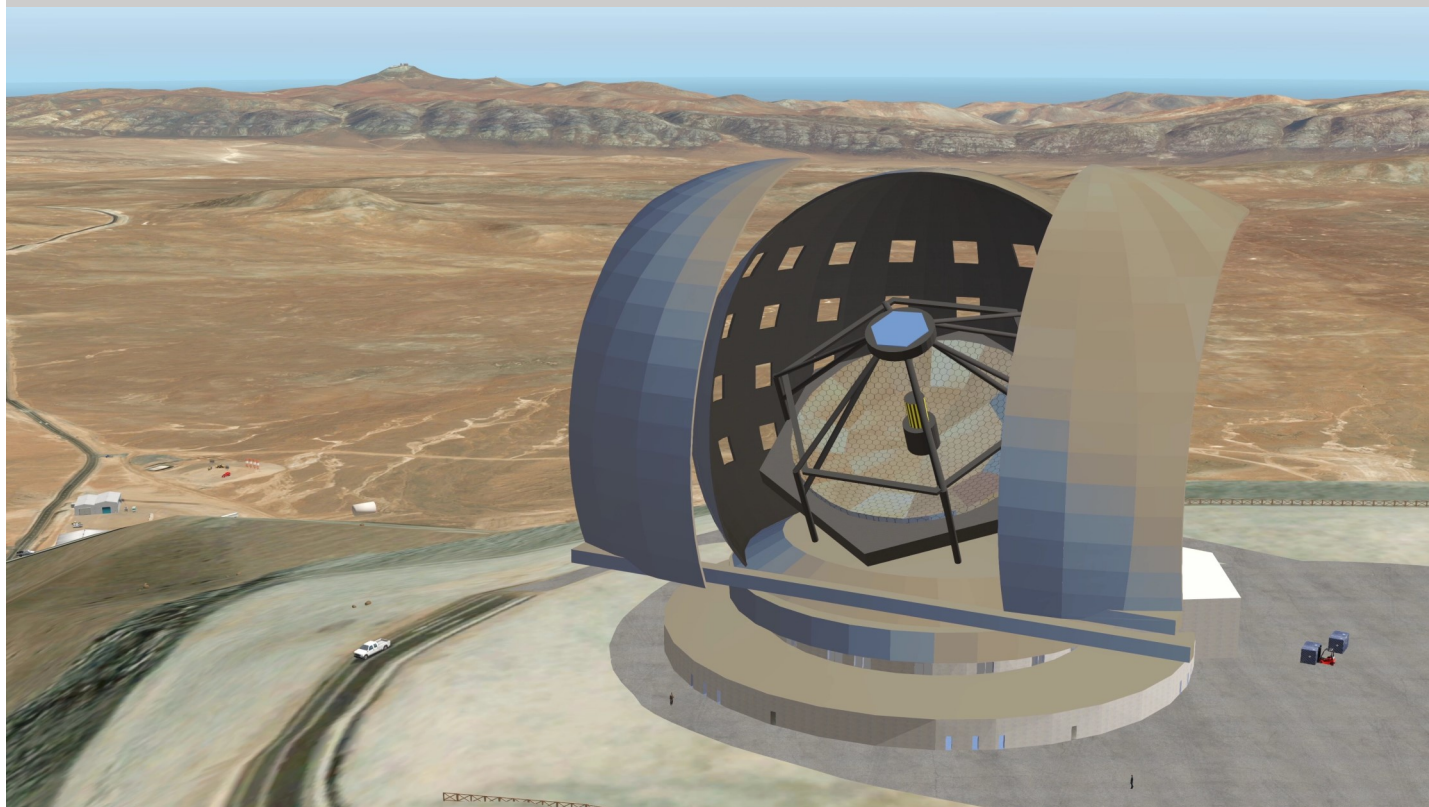
Mais la date de construction du TMT reste incertaine, tandis que le géant européen, lui, est en construction avec une mise en service prévue pour 2024.



Le lieu de construction probable du Thirty Meter Telescope (TMT), à l'observatoire Mauna Kea, Hawaïi.

Au fond, de gauche à droite, on distingue le télescope Franco-Canadien, le Gemini Nord, les deux télescopes Keck, et le grand télescope Subaru.





Le télescope EELT, en cours de construction sur le Cerro Armazones.  
 Au fond, on distingue, avant la mer, le VLT, au sommet du Cerro Paranal.

**L'EELT** européen, sera nettement plus gros, avec un miroir de 39 m de diamètre.

Les 798 segments qui le constituent sont des miroirs de 1,4 m, ayant une épaisseur de 40 mm seulement. Ces miroirs sont fabriqués par la société Française REOSC avec un procédé de polissage révolutionnaire.

Un système informatique permet d'ajuster leur orientation, conférant au miroir géant une forme parfaite au micron près.

L'ESO (European Southern Observatory) possède déjà une grande expérience de l'optique adaptative, sur le VLT (installé lui aussi à l'observatoire Paranal).

Cette technologie sera de nouveau mise en œuvre grâce à des miroirs de 2,4 m, ayant une épaisseur de 2 mm seulement. Cette exceptionnelle finesse permet la modification de la courbure du miroir, plusieurs milliers de fois par seconde, pour compenser les turbulences atmosphériques.

L'EELT devrait être le premier télescope capable de prendre des images de l'atmosphère des exoplanètes, prouesse revenant à chercher à photographier une tête d'épingle sur la lune !

Imaginez que l'EELT détecte des traces de chlorophylle dans ces atmosphères, notre vision de l'univers en serait révolutionnée !

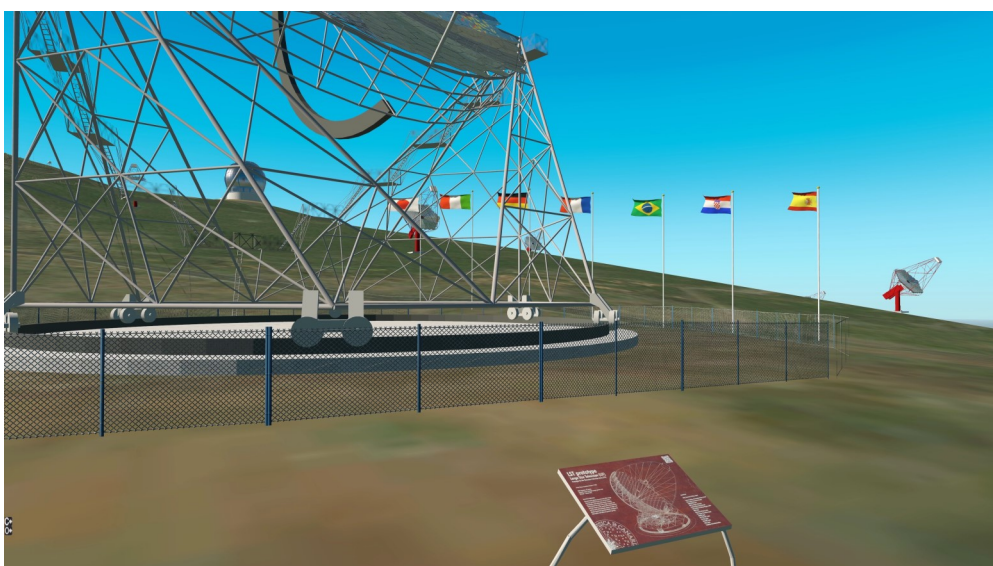
Dans un tout autre genre, j'ai intégré le **CTA** (Cherenkov Telescope Array) dans mes décors virtuels.

Ce projet fait suite au succès des deux prototypes de télescope MAGIC, déjà très impressionnants dans le décor de l'île de la Palma.

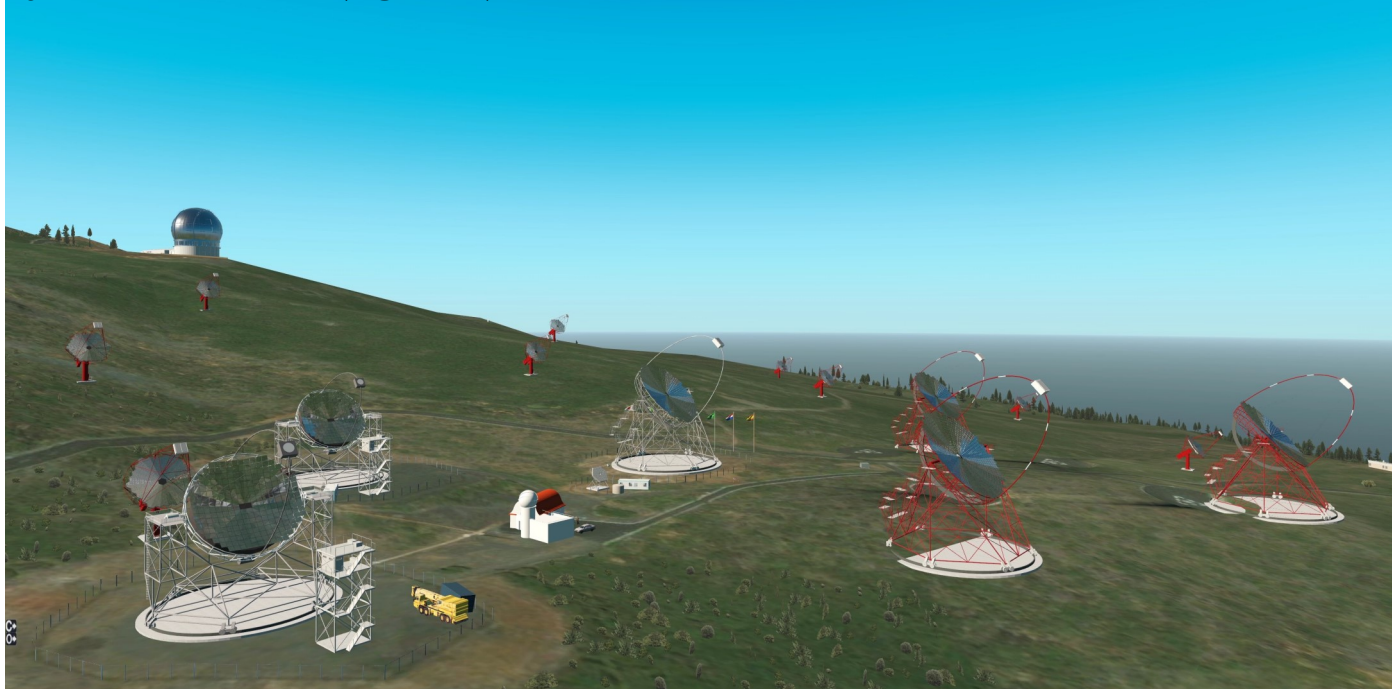
Contrairement aux télescopes classiques qui captent la lumière visible, ou les radiotélescopes, qui captent les ondes radio, il s'agit de télescopes révolutionnaires qui captent les rayons gamma en provenance du cosmos, c'est-à-dire les particules émises par les événements les plus violents de l'univers.

Le CTA est en cours de construction sur deux sites, les Canaries et l'observatoire Paranal, au Chili.

Avec plus de 100 télescopes, le CTA sera le plus grand réseau de télescopes jamais construit.



**La partie nord du CTA sera construite sur l'île de la Palma, juste devant le GTC (à gauche).**







La partie sud du CTA est celle qui a le plus grand nombre d'antennes.

Elle sera installée non loin du VLT, que l'on distingue au fond de l'image.



## Pour continuer la visite...

La suite de la visite est possible en vidéo sur YouTube, ici :

<https://youtu.be/uHhAoSnByT4>

<https://youtu.be/Hv77RP4LNqc>

<https://youtu.be/tlECu0jlrCg>

<https://youtu.be/wX6etD13M5E>

<https://youtu.be/5lmFlcyevDs>

<https://youtu.be/7Si4pqiEMos>

Ou vous pouvez tenter l'expérience X-Plane, en téléchargeant les scènes sur [www.x-plane.org](http://www.x-plane.org) (rechercher le mot clé « observatories »).



# Galerie

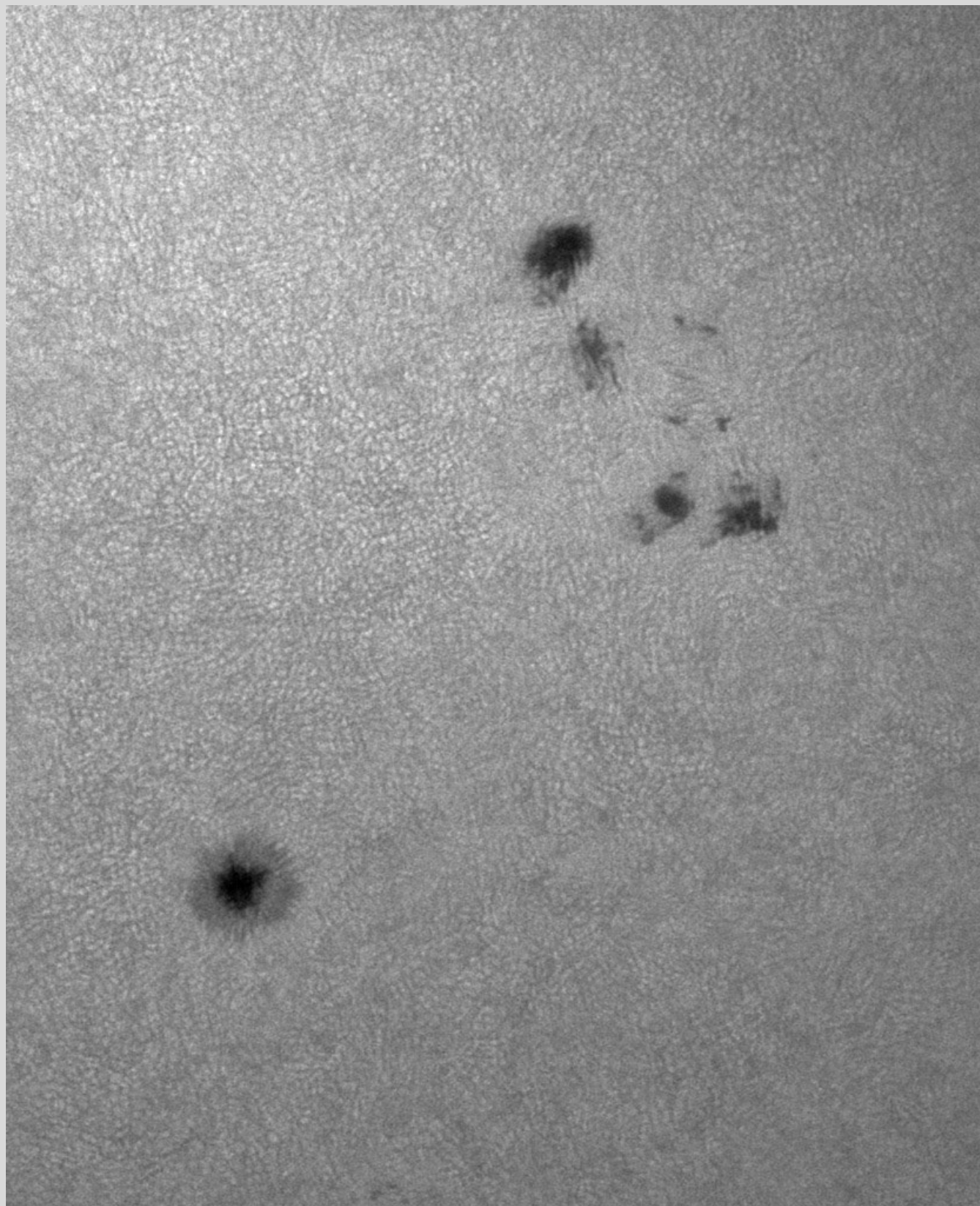
**NGC 7000, North America  
IC 5070, le Pélican  
Paul-Henri**





Le Soleil

Philippe



**Croissant de Lune et ISS**  
**Jean-Paul**





Le Soleil

Jean-Paul

21.06.2021



**Albireo78**  
saison 2020-2021



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**

  
54 membres

www.albreo78.com

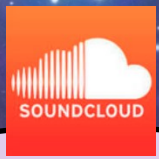


**Observations**  
Gratuites et pour tous :  
Emancé - Mesnil St Denis



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

**Newsletter**  
178 abonnés



**« En route vers les étoiles »**  
Notre émission radio  
16 saisons, 170 émissions,  
661 chroniques scientifiques

**DSO**  
Deep Sky Objects  
Browser

**Soundcloud**  
273 abonnés



**L'Albireoscope**  
41 abonnés