

20 000 entreprises et 400 000 personnes ont pris part à la mission Apollo 11.

La mission a duré 195 heures, 18 minutes et 35 secondes, depuis le lancement de la fusée jusqu'à l'amerrissage de la capsule.

Apollo 11 a parcouru 1 764 401 km.

4 sandwiches au fromage déshydratés ont été emmenés lors de la mission.

2,1 millions de kg de carburant ont été consommés pendant les 2,8 minutes de la première phase du lancement de Saturn V.

Sur la Lune, Neil Armstrong et Buzz Aldrin ont bu le Nescafé Gold de Suisse.

La combinaison spatiale a été conçue par le département Industrie de la société Playtex qui fabriquait des soutiens-gorge. Son expérience des tissus spéciaux et des coutures a été un atout.

Impressum

SATW Technoscope 2/19 | Mai 2019
www.satw.ch/technoscope
Concept: Béatrice Miller | Beatrice Huber
Rédaction: Günseli Ünlü
Collaboration rédactionnelle: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis
Conseil scientifique: Lukas Viglietti
Graphisme: Andy Braun
Photo: NASA | focusTerra | Flickr | Fotolia
Photo de couverture: NASA
Traduction: Ars Linguae
Impression: Egger AG

Abonnement gratuit et commandes supplémentaires

SATW | St. Annagasse 18 | CH-8001 Zürich
technoscope@satw.ch | Tel +41 44 226 50 11

Technoscope 3/19 paraîtra en septembre 2019 sur le thème du «Monde numérique et changement climatique».

satw it's all about technology

TechnoScope

by satw 2/19

TeCHnique sur la lune

www.satw.ch/technoscope

Une fascination constante pour la Lune

La course à l'espace, qui s'est engagée entre les États-Unis et l'Union soviétique dans les années 50, a atteint son apogée lors de la mission Apollo 11: pour la première fois, des hommes ont marché sur la Lune et sont revenus sur Terre. Jusqu'alors, plus de 70 missions vers la Lune s'étaient déjà déroulées, pour la plupart sans succès, et plus de 30 autres devaient suivre. Le sujet de la Lune n'est pas clos pour autant; les États-Unis, la Chine et d'autres pays prévoient d'autres missions.

30 milliards de dollars US, tel était le budget du programme Apollo.

Ce qui correspond de nos jours à **150 milliards** de dollars US.

Qui a été le premier?

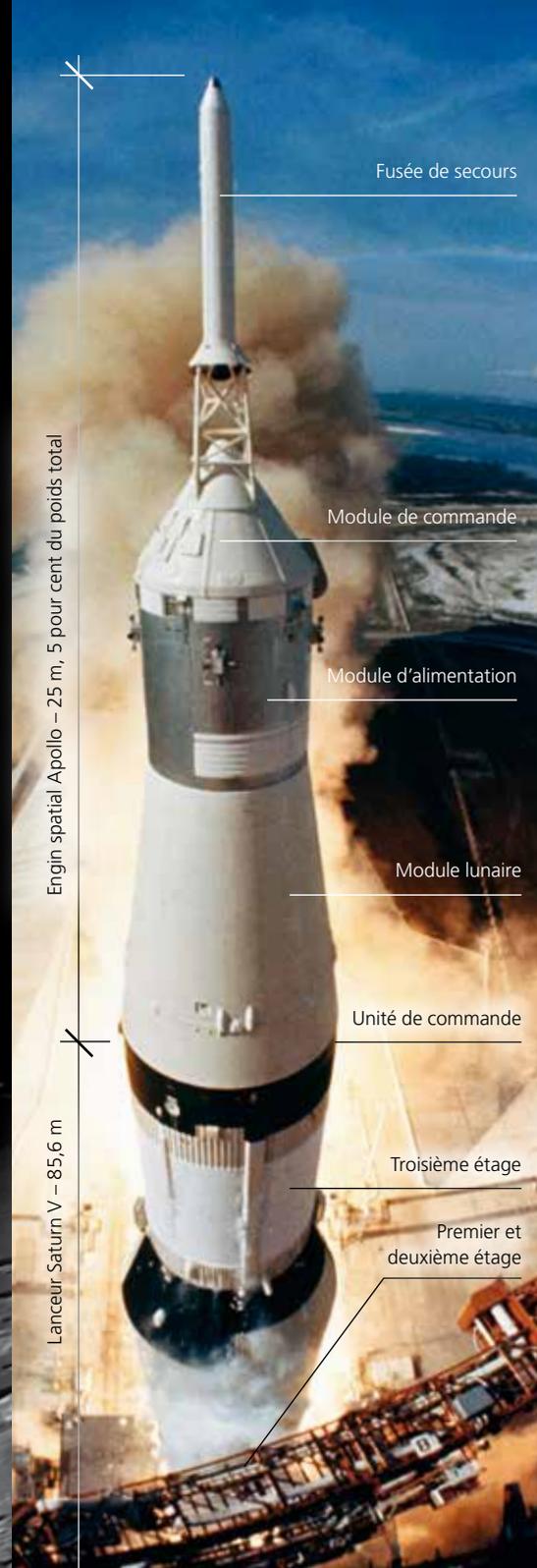
L'Union soviétique a réussi un premier alunissage violent en 1959 avec la sonde Lunik 2. La sonde soviétique Luna 9 a réalisé le premier alunissage en douceur en 1966. Lors de la mission américaine Apollo 8, des hommes ont pour la première fois fait le tour de la Lune et ont vu la face cachée du satellite terrestre de leurs propres yeux. C'est Apollo 11 qui a finalement amené les premiers hommes sur la Lune. Cet événement médiatique mondial a occulté toutes les autres missions dans la conscience publique.

Pourquoi aller sur la Lune?

Même si ce sont des raisons essentiellement politiques qui ont placé la Lune dans la ligne de mire des deux grandes nations, les missions ont été également menées à des fins de recherche. Les scientifiques se sont penchés sur de nombreuses questions: Comment la Lune est-elle structurée? Comment s'est-elle formée? La vie existe-t-elle sur la Lune? etc. Les différentes missions ont permis de collecter des échantillons de roche, d'analyser le champ magnétique, de confirmer l'existence du vent solaire, de provoquer un séisme lunaire et de mesurer le rayonnement sur la surface lunaire.

Vers l'infini et au-delà?

Le célèbre adage de Buzz l'éclair dans «Toy Story» semble un peu présomptueux, mais le fait est que l'homme souhaite encore repousser les limites. Les États-Unis et la Russie prévoient de construire une station en orbite lunaire, l'ASE parle d'un «village lunaire» et même la Chine et des entreprises privées envisagent des missions habitées vers la Lune. L'objectif à long terme est d'explorer davantage l'espace en partant de la Lune et de se rendre par exemple sur Mars. L'exploitation des matières premières est également en ligne de mire.



66 secondes après le lancement, la fusée Saturn V a atteint Mach 1 (la vitesse du son).

Le 16 juillet 1969 à 0h32 heure locale, la fusée Saturn V décolle du Kennedy Space Center en Floride. Dans un vacarme assourdissant, le lanceur le plus puissant que les États-Unis aient jamais construit propulse la mission Apollo.

Pour vaincre la force gravitationnelle et ne pas retomber sur Terre, Saturn V doit atteindre une vitesse d'environ 28 000 km/h. Pour y parvenir, le lanceur se compose pour l'essentiel de trois puissants réacteurs ainsi que d'un réservoir de carburant adapté. Ces étages sont mis à feu successivement puis largués une fois consommés. L'engin spatial Apollo à proprement parler se situe à l'avant à la pointe de la fusée.

12 minutes après le décollage, Apollo 11 atteint l'orbite et tourne une fois et demie autour de la Terre. Sur cette «orbite de stationnement», l'équipage contrôle de nouveau tous les systèmes, puis la tour de contrôle donne l'instruction: «Go!». Le réacteur du troisième étage s'allume alors et envoie Apollo hors de l'orbite terrestre à une vitesse de 40 000 km/h en direction de la Lune. Désormais, Apollo 11 vole sur une «trajectoire de retour libre»: même si les réacteurs tombaient en panne, l'engin spatial, après avoir effectué une boucle autour de la Lune, serait de nouveau attiré par la gravité terrestre et retrouverait le chemin de notre planète.

L'Aigle a atterri...

Le vol jusqu'à la Lune, d'une durée de 76 heures et d'une distance d'environ 380 000 kilomètres, se déroule sans problème. Les astronautes décident d'atterrir et allument les rétrofusées. L'engin spatial perd de la vitesse et pivote vers une orbite lunaire, capturé par le champ de gravité de la Lune. Le module d'atterrissage se sépare du vaisseau-mère Apollo et descend sur la surface lunaire.

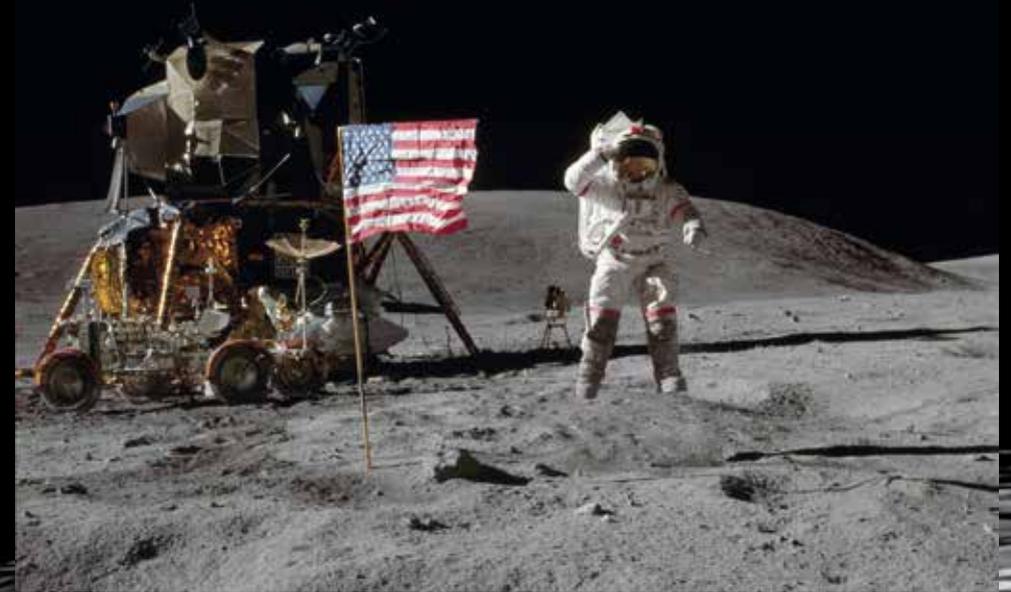


528 millions de personnes ont suivi l'alunissage à la télévision

Sur Terre, les premières images de l'alunissage apparaissent rapidement sur les écrans de télévision. Elles sont tellement spectaculaires que certains ont encore du mal à croire ce qu'ils ont vu à l'époque.



Avant même de hisser le drapeau américain, Armstrong et Aldrin ont planté la voile solaire bernoise dans le sol lunaire. Bien que moins spectaculaire, celle-ci a suscité un vif intérêt. Seule expérience non-américaine à bord du vol lunaire, elle était destinée à recueillir sur une feuille d'aluminium des particules chargées en électricité projetées en continu par le soleil dans l'espace. C'est précisément parce qu'elle était facile manipuler, ne pesait que quelques centaines de grammes et prenait peu de place que la Nasa a bien voulu emmener cette expérience de l'Université de Berne sur la Lune. Elle a même accepté que la voile solaire soit la première à être plantée dans le sol lunaire afin de recueillir un maximum de matière solaire et de la ramener sur Terre à des fins d'analyse. Ces particules – identiques à celles qui font danser les aurores boréales lors de leur entrée dans le champ magnétique de la Terre – recèlent en effet une quantité énorme d'enseignements sur la totalité du système solaire.



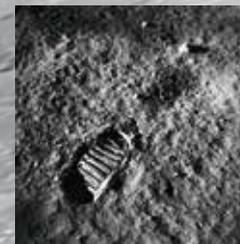
Pourquoi les astronautes comme John Young, le commandant de la mission Apollo 16 que l'on voit ici en photo, ne sautent-ils pas plus haut?

Encore plus haut? La Lune ayant une masse beaucoup plus petite que la Terre, elle est donc plus «légère» et sa force gravitationnelle est six fois moins élevée. C'est exactement ce que montre cette photo: le saut d'un demi-mètre effectué par l'astronaute en combinaison spatiale, qui pèse lui-même probablement 80 kilos et porte un équipement de 80 kilos sur le dos, serait tout bonnement impossible sur Terre.

Pourquoi le drapeau américain flotte-t-il alors que la Lune est presque dépourvue d'atmosphère et qu'il n'y a donc pas d'air ni de vent?

Il ne flotte pas du tout. Le tissu est fixé en haut sur une barre transversale rabattable car autrement il pendrait mollement dans le vide. Et c'est parce que le drapeau est coincé dans cette barre et ne peut s'étendre sur toute sa longueur qu'il est plissé comme vous pouvez le voir, mais il ne bouge pas.

Neil Armstrong et Buzz Aldrin ont passé **2 heures** et **31 minutes** sur la surface lunaire



Intouché par le vent

Comme illustrée sur cette photo, l'empreinte de Buzz Aldrin, le deuxième homme à marcher sur la Lune, devrait rester à l'identique pour l'éternité ou du moins pendant quelques millions d'années. En raison de sa petite taille, la Lune ne peut avoir d'atmosphère. Sa force gravitationnelle est trop faible. C'est pourquoi il n'y a pas de vent ni d'intempéries à sa surface. Rien ne peut donc effacer cette empreinte dans la poussière lunaire – à l'exception d'une météorite qui tomberait précisément à cet endroit.

Seulement **3 km** séparent le lieu ciblé du lieu réel de l'amerrissage de la capsule de commande.

Après 2 heures et 31 minutes, avec une voile solaire pleine et 23 kilos de roche lunaire, Armstrong et Aldrin terminent leur promenade lunaire. Une partie du module lunaire leur sert de rampe de lancement et demeure sur la Lune, le reste s'amarre de nouveau au module de commande dans l'orbite lunaire. Seule la capsule de commande à son sommet repart en direction de la Terre, la mission Apollo laisse toutes les autres parties dans l'espace. Peu avant son entrée dans l'atmosphère terrestre, la capsule pivote de 180 degrés. Sa face émoussée sert de bouclier thermique contre l'énorme chaleur de friction générée par la résistance de l'air. L'angle d'entrée doit aussi être calculé avec précision. S'il est plat, l'engin spatial pourrait rebondir sur l'atmosphère. S'il est trop abrupt, celui-ci pourrait s'enflammer.



Après l'entrée dans l'atmosphère, toute une série de parachutes de freinage assurent le ralentissement de la capsule.



Le 24 juillet, au terme d'un vol d'environ 1,5 million de kilomètres, la capsule amerrit dans l'Océan Pacifique. Avant de rejoindre le porte-avions U.S.S. Hornet par hélicoptère, les astronautes doivent enfiler une combinaison de protection. Ces trois héros de l'espace resteront ensuite 17 jours en quarantaine. En effet, personne ne sait s'ils ont ramené sur Terre un quelconque agent pathogène inconnu de la Lune. Finalement, ils fouleront de nouveau le sol américain à Honolulu. Dans la déclaration de douane qu'il devra remplir, Buzz Aldrin écrira qu'il transporte «de la roche lunaire et de la poussière lunaire» dans ses bagages.

Les expéditions lunaires: qu'ont-elles apporté à l'humanité?

Les répercussions des expéditions lunaires sur l'humanité sont multiples et ne se limitent pas aux domaines techniques.

Logistique

L'organisation et la réalisation d'un projet de cette envergure représentait un énorme défi logistique. Des centaines de milliers de collaborateurs ont effectué d'innombrables tâches différentes qu'il a fallu planifier, coordonner et suivre. Une simple liste des tâches à effectuer était insuffisante. Le projet Apollo a établi de nouvelles références en termes de gestion de projets.

Le **Lever de Terre** a été pris en 1968 (William Anders, Apollo 8).

Une nouvelle prise de conscience

Même s'il existait déjà des photos satellite du globe terrestre, deux photos prises ultérieurement par des astronautes sont devenues très populaires. L'image de la Terre prise depuis l'espace, dans toute sa splendeur et sa fragilité, a radicalement changé la perception que l'homme avait de sa planète. Ces deux photos ont été utilisées à plusieurs reprises comme images symboliques de mouvements écologiques et ont peut-être même influencé la conscience écologique.

Une inspiration pour les générations à venir

Bien entendu, l'alunissage a été un immense succès pour la nation américaine. Mais la mission Apollo n'a pas seulement renforcé la fierté nationale des Américains. Elle a également démontré que de grands projets audacieux étaient réalisables et a incité les générations suivantes de chercheurs et d'entrepreneurs à réaliser d'autres objectifs ambitieux qui ont abouti aux prouesses techniques et aux entreprises high tech du 21^e siècle. Les Européens et surtout les Suisses ont aussi largement contribué à ce grand succès.

Une part d'aéronautique au quotidien

Sur son site Web, la NASA reprend un nombre incalculable de brevets et de spin-offs pour les technologies qui ont été développées en continu dans le cadre de la recherche spatiale. On retrouve une part d'aéronautique dans tous les aspects du quotidien. Les inventions spécialement conçues dans le cadre du programme Apollo incluent les chaussures de sport, les appareils respiratoires, les méthodes de dialyse, les procédés d'imagerie tels la tomographie par ordinateur (CT) et la résonance magnétique nucléaire (MRI), ou encore les instruments chirurgicaux sans fil.

La **Bille Bleue** date de 1972 (Harrison Schmitt, Apollo 17).



Evénements en Suisse



Berne fête le 50^e anniversaire de l'alunissage

Du 27 au 30 juin 2019, Berne organise un festival scientifique à l'occasion du 50^e anniversaire de l'alunissage. En 1969, l'Université de Berne a en effet pris part au premier alunissage avec équipage grâce à sa célèbre voile solaire. En raison de ce lien étroit, cet anniversaire revêt une importance particulière pour la ville fédérale. De nombreuses activités y seront donc organisées sur les thèmes de la recherche et de l'exploration spatiale.

<https://www.bern.com/de/aktuelles-events/veranstaltungen/detail/50-jahre-mondlandung>



Festival scientifique Starmus de Zurich

Du 24 au 29 juin 2019, 3000 chercheuses et chercheurs du monde entier sont attendus au festival scientifique de Starmus. Pendant six jours, un programme de qualité proposera une plateforme de discussion et d'échange entre des astronautes, des lauréats du prix Nobel et des artistes. Outre sept membres d'équipage des différentes missions Apollo, l'astronaute Michael Collins interviendra à Zurich comme orateur principal. Suivront également la légende scientifique Bill Nye ainsi que les rock stars Brian May et Rick Waksman.
<https://www.starmus.com/>

Exposition au Musée d'histoire naturelle de Saint-Gall

Du 22 juin au 11 août 2019, une exposition se déroulera au Musée d'histoire naturelle de Saint-Gall à l'occasion du «First Men on the Moon – 50^e anniversaire de l'alunissage avec équipage». L'intervention de Men J. Schmidt, Spacescience, racontera l'histoire du premier alunissage à l'aide d'objets choisis, notamment des reproductions de lanceurs et d'engins spatiaux, des combinaisons et des aliments pour astronautes, des séquences filmées du décollage et de l'atterrissage ainsi que des photos grand format de la mission Apollo 11. Dans son programme-cadre, l'exposition proposera des conférences sur l'histoire de l'aéronautique, l'alunissage et l'avenir de la navigation spatiale.

<http://www.spacescience.ch/ausstellungen/ausstellungen-besuchen/>



© focusTerra; illustration: Studio Nippoldt; photos: NASA, F. Neyer (modif.)

Exposition spéciale de Focus Terra

Jusqu'au 16 juin 2019, FocusTerra, le centre de recherche et d'information de l'ETH Zurich dédié aux sciences de la terre, vous invite à un voyage à la découverte de l'espace. FocusTerra a suivi des scientifiques de l'ETH et de l'université de Zurich et raconte, dans des bandes dessinées, comment et pourquoi ils sont allés dans l'espace, ce qui les fascine, comment ils analysent les débuts de notre système solaire et captent les signaux depuis la nuit des temps. Des expériences passionnantes, des animations, ainsi qu'un jeu de piste en réalité augmentée à la recherche d'un Martien, des visites guidées et des ateliers viennent parfaire cette navigation spatiale.

<http://www.focusterra.ethz.ch/sonderausstellungen/aktuell.html>

Exposition «Liftoff to Space» 2019 à Dübendorf

L'exposition sur l'aéronautique «Liftoff to Space», organisée par l'association «Swiss Space Museum», se déroulera à l'Air Force Center de Dübendorf à partir du printemps 2019. Cette exposition fascinante sur les voyages spatiaux et la recherche spatiale sera présentée pendant six mois. Elle s'adresse à tous ceux qui désirent vivre une véritable expérience spatiale au travers d'objets d'expositions d'origine et à la réalité virtuelle.

<https://www.liftofftospace.ch/>

Encore plus de découvertes

educamint.ch

Trouvez des activités qui passionneront enfants, adolescents et adultes! Enrichissez vos cours de mathématique, d'informatique, de sciences naturelles et de technique (MINT)! Les suggestions, la newsletter MINT et le catalogue des offres educamint vous aideront à trouver ce dont vous avez besoin.

www.educamint.ch



SimplyScience

Tu n'en as pas encore assez? Alors rends-toi sur le site web SimplyScience. Tu y trouveras beaucoup d'inspiration pour le choix de ton métier ou de tes études.

www.simplyscience.ch

Science Guide App

Découvre les sciences en Suisse. Disponible dans [google play](#) ou [app store](#)

La Suisse dans la recherche spatiale

Quelles sont les premières choses qui te viennent à l'esprit lorsque tu penses à Berne? Le Palais fédéral, les ours, le marché des oignons... mais certainement pas la recherche spatiale. Et pourtant, ce sont des scientifiques de l'Université de Berne qui sont à l'origine de la seule expérience non-américaine de la mission Apollo 11: la voile solaire, installée avant même le drapeau américain, a permis de collecter des particules libérées dans l'espace par le soleil, qui ont été ensuite analysées en laboratoire afin d'obtenir des informations sur la composition du vent solaire.

Mais les Bernois n'ont pas été les seuls à participer. La société argovienne Kern, qui fabriquait des instruments optiques de précision, a livré des objectifs spécialement adaptés aux exigences particulières de l'aéronautique pour la caméra DAC de 16 mm qui a été utilisée dans le programme spatial Apollo. De plus, Kern a fourni les théodolites qui ont permis de positionner avec précision la fusée Saturn V pour le lancement et de coordonner l'assemblage des différents étages de la fusée.

C'est également une entreprise suisse, l'horloger Omega à Bienne, qui a fourni les montres-bracelets qui ont réussi le test de résistance et que les astronautes ont portées à leur poignée pour servir de backup en cas de défaillance des autres instruments.

Une autre entreprise biennoise, RMB, a fourni les roulements à billes pour le système de survie portable que les astronautes ont porté sur le dos pour notamment s'alimenter en oxygène.

Araldit, un autre produit suisse, a également décroché sa place pour la Lune. Dans le bouclier thermique de la capsule qui protégeait celle-ci de la chaleur générée par l'entrée dans l'atmosphère terrestre, les résines époxydes de Ciba à Bâle ont servi de matériaux de construction et de remplissage.

Tu utilises certainement cette invention spatiale suisse: les fermetures velcro étaient et restent un moyen très apprécié pour fixer les objets dans la capsule spatiale et les empêcher de flotter. La fermeture velcro a été inventée par l'ingénieur suisse Georges de Mestral. La version pour l'aéronautique a été produite aux Etats-Unis.

Choix d'études et de carrière

J'ai découvert l'aventure spatiale avec «Objectif Lune» et «On a marché sur la Lune», et ensuite avec Jules Verne! Je construis des maquettes d'astronefs et j'aimerais vraiment en faire mon métier. Est-ce qu'il existe des formations en Suisse pour travailler dans ce domaine? Leslie, 16 ans

Salut Leslie,

Tu sais donc que marcher sur la Lune est un projet qui a alimenté la science-fiction pendant un siècle... Jusqu'au moment où, il y a cinquante ans, cet exploit a pu se réaliser grâce aux découvertes scientifiques et aux avancées technologiques. Quand on pense aérospatial ou conquête de l'espace, on ne voit souvent que l'astronaute. A vrai dire, Apollo 11, qui a conduit le premier homme sur la Lune en juillet 1969, ou Vostok, premier vol orbital habité, sont le fruit de la collaboration de compétences variées dans toutes sortes de domaines techniques.

Il faut d'abord concevoir des systèmes qui vont permettre de créer des fusées, étape dans laquelle les ingénieurs sont très sollicités: ingénieurs physiciens, ingénieurs en informatique, ingénieurs en mécanique ou en matériaux discutent des options possibles, des composants ou techniques à privilégier. Sur la base des calculs des ingénieurs, les machines sont

ensuite dessinées, les plans des sous-systèmes précisés. C'est l'apanage des dessinateurs et dessinatrices (dessin technique), chacun-e dans son domaine de compétence.

D'autres spécialistes interviennent dans les domaines thermique, électronique ou en systèmes de communication, par exemple, pour réfléchir aux systèmes d'aération et d'échange avec la Terre. La construction du véhicule commence une fois toutes les étapes précédentes testées et vérifiées. C'est au tour des polymécaniciens, électroniciens, électriciens, informaticiens, en particulier, d'entrer en scène pour l'usinage des pièces, la réalisation des connexions et la mise en place des systèmes de communication.

Et, en amont, des physiciens se sont penchés sur des questions comme l'attraction terrestre ou le frottement de l'air, dans la perspective de permettre à un véhicule spatial – satellite ou navette, de se maintenir en orbite autour de la Terre avant d'être propulsé vers son objectif. Hier la Lune, aujourd'hui, Mars et les autres planètes du système solaire.



Corinne Giroud, Office cantonal d'orientation scolaire et professionnelle – Vaud

Infos & liens

Sur la page d'accueil de l'Agence spatiale européenne ESA <https://www.esa.int/ESA>, tu trouveras des informations sur les possibilités de carrière à l'ESA.

Claude Nicollier, seul astronaute suisse, enseigne à l'EPFL <https://people.epfl.ch/claude.nicollier>. Peut-être voudrais-tu le contacter?

Des descriptions des domaines d'études et des professions sont disponibles sur le site www.orientation.ch

