



à 21h 17, heure française

### SUR LE VAISSEAU APOLLO et SATURNE V

- **Le Lanceur** : **Saturne 5** tirée 32 fois sans un seul échec
- 3400T de poussée au décollage. Charge utile Lune 47T. Poids total de 3038T au décollage
- 1er étage Kérosène + oxygène – Autres étages Hydrogène + oxygène
- Problématique 100T carburant pour 10T hors orbite Terrestre.

#### - Les 4 structures du vaisseau Apollo

1. Le module de **commande** Apollo est la partie conique dans laquelle les astronautes séjournent. C'est l'unique partie du vaisseau à revenir sur Terre après la mission.

2. Le module de **service**: (gros cylindre et moteur) abrite tout l'équipement indispensable à la survie des astronautes, tels que les réservoirs d'oxygène et d'eau, le moteur qui place le vaisseau en orbite lunaire, le ramène sur orbite terrestre et le fait décrocher de cette orbite.

3. Le module **lunaire** (ou LEM), est la partie du vaisseau qui doit se poser. Il est constitué de 2 étages :

L'étage de descente sert exclusivement à se poser et reste sur la Lune et l'étage de remontée.

Au départ de la fusée Saturne le LEM, désaccouplé, est stocké sous le module de service et son moteur principal, configuration qui nécessitera lors du transfert vers la Lune l'opération d'amarrage du LEM au module de commande

1. La tour de **sauvetage** (fusée) (LET) est conçue pour éloigner le module de commande loin du lanceur Saturn V, si ce dernier subit une défaillance dans les premières phases du vol.

□

### SUR LE PROGRAMME APOLLO

#### - Les Missions préparatoires de 1 à 10

1. oApollo: Un accident a endeuillé ce qui devait être le vol d'Apollo 1. Le 27 janvier 1967, son équipage, Virgil Grissom, Edward White et Roger Chaffee, ont péri à l'entraînement au sol, dans la capsule Apollo même, où un incendie s'était déclaré. Un mélange d'oxygène pur était alors utilisé dans la cabine qui a rendu un début d'incendie foudroyant et incontrôlable. Sa concentration sera ensuite ramenée à 40%. Cette terrible catastrophe a entraîné un remaniement important des responsables et pilotes du projet, ainsi qu'un réexamen complet du programme Apollo.

2. oLes vols suivants - soit Apollo 2, 3, 4, 5 et 6 - inhabités, ont eu pour but principal de qualifier la fusée.

3. oLe premier vol habité a été celui d'Apollo 7, dont le lancement a eu lieu le 11 octobre 1968, avec à son bord Walter Schirra, Don Eisele et Walter Cunningham, suivi de celui d'Apollo 9, lancé le 3 mars 1969, avec à son bord James McDivitt, David Scott et Russel Schweickart.

4. oMais entre-temps, un premier voyage préparatoire vers la Lune avait eu lieu, celui d'Apollo 8.

Lancé le 21 décembre 1968 cette mission est parvenue à effectuer 10 orbites lunaires avec les astronautes Frank Borman, James Lovell et William Anders.

1. oUne dernière mission préparatoire a ensuite conduit en orbite lunaire Thomas Stafford, John Young et Eugene Cernan, à bord de la capsule Apollo 10, équipée de son Lem, testé par Cernan, qui l'amènera près du sol lunaire, mais sans s'y poser. Le retour sur Terre a eu lieu le 26 mai 1969.

□

#### - Les Missions avec alunissage (de 11 à 17 ...)□ :

**6 vols – 12 hommes** sur la Lune – (6 en orbite ) . Voir en Annexe les différents sites d'alunissage

1. oNeil Armstrong et Edwin "Buzz" Aldrin - Apollo 11 - juillet 1969
2. oCharles "Pete" Conrad et Alan Bean - Apollo 12 - Novembre 1969
3. oAlan Shepard et Edgar Mitchell - Apollo 14 - Février 1971
4. oDavid Scott et James Irwin - Apollo 15 - Juillet 1971
5. oJohn Young et Charles Duke - Apollo 16 - Avril 1972
6. oEugene Cernan et Harrison Schmitt - Apollo 17 - Décembre 1972 ( seul scientifique à s'être posé)

### - Engagement et moyens du programme Apollo

Près de 400 000 personnes ont contribué au programme

L'investissement financier représentait 150Ma\$ actuels

### - Les péripéties de la descente d'Apollo 11 sur le sol lunaire

Durant la phase de descente, l'équipage est gêné par une alarme émise par l'ordinateur de bord pouvant amener à l'annulation de la mission. Le jeune Steve Bales, l'un des programmeurs de l'ordinateur de bord, présent dans le centre de contrôle Houston, détermine que l'alarme correspond à une saturation des capacités de l'ordinateur qui peut être ignorée. Le problème sera corrigé pour les missions suivantes. Steve Bales sera reçu à la Maison-Blanche par le président Nixon et remercié d'avoir ainsi sauvé la mission.

Accaparé par ces alarmes, Armstrong laisse passer le moment où, selon la procédure, il aurait dû exécuter une dernière manœuvre de correction de trajectoire. Le LEM dépasse de 7 km le site sélectionné pour l'atterrissage et s'approche d'une zone encombrée de rochers. Armstrong prend le contrôle manuel du module lunaire pour survoler à l'horizontale le terrain à la recherche d'un site adapté à l'atterrissage. A Houston on est inquiet de la durée anormalement longue de l'atterrissage, et l'abandon de la mission est de nouveau envisagé. Armstrong fait avancer le LEM en rasant le sol dans la direction de sa fenêtre afin d'avoir le nuage derrière lui

et de garder de la visibilité, pendant qu'Aldrin indique l'altitude, la vitesse horizontale et les secondes de carburant restant.

### 1. *oMargaret Hamilton informaticienne*

Cet incident permet d'évoquer la performance de Margaret Heafield Hamilton, née en 1936, qui est informaticienne, ingénieure système, directrice du département génie logiciel au sein du MIT Instrumentation en 1969. Département qui conçut le système embarqué d'aide au pilotage du programme spatial Apollo. (Plus tard en 1986, elle fondera la société Hamilton Technologies, Inc. à partir de ses travaux entrepris au MIT).

La qualité des programmes développés sous la supervision d'Hamilton ont joué un rôle crucial au cours de la mission Apollo 11 en évitant une interruption de l'atterrissage du module lunaire sur la Lune. Trois minutes avant que le module lunaire n'atteigne la surface de la Lune, des alarmes signalent donc que l'ordinateur AGC est saturé. L'enquête effectuée par la suite révélera que la surcharge de l'ordinateur était due à l'envoi à l'ordinateur de signaux par le radar d'altitude à fréquence très rapprochée. Procédure maintenue à tort dans les instructions de vol.

Mais grâce à l'architecture du système d'exploitation attribuant des priorités aux programmes, l'ordinateur réussit à mener sa mission principale consistant à assister le pilote du module.

### 1. *oUn peu d'informatique pour les puristes*

Le logiciel utilisait des exécutions asynchrones de telle manière que les tâches ayant la plus haute priorité (essentielle à l'atterrissage) puissent interrompre des tâches moins prioritaires. Ces ressources préfiguraient les futurs systèmes multitâches ( 6 tâches en parallèle à l'époque) fonctionnant en temps réel à partir de procédures d'interruptions informatiques hiérarchisées.

Ce type d'ordinateur (AGC) équipait le CSM et le LEM et disposait d'une puissance équivalente à celle d'une calculatrice bas de gamme des années 2000 : Il disposait de 72Ko de ROM et 4Ko de RAM.

Ces ordinateurs (cadencés à 85Khz) étaient les premiers à utiliser des circuits intégrés assez sommaires mais en grand nombre (plusieurs milliers) qui comportaient quelques transistors chacun, formant une ou deux portes logiques NON-OU à 3 entrées. (poids 32kg)

Cela laisse rêveur quand on sait que les microprocesseurs multi corps ( car au taquet des finesses physiques de gravure) des unités centrales actuelles de nos portables intègrent sur une puce plus de 2 ou 3 milliards de transistors cadencés par des horloges internes approchant les 5 GHz.

### - Les traces de l'alunissage d' Apollo 11

#### 1. oLe premiers pas effacé

Si les traces laissées par Armstrong lors de son exploration de Little West Crater (60m du LEM) sont toujours visibles, l'empreinte de son premier pas sur la Lune est très probablement effacée. Celle-ci se trouvait au bas de l'échelle du module lunaire et elle n'a probablement pas résisté au puissant souffle du moteur de remontée lors du départ des astronautes.

À noter que cette empreinte n'a jamais été photographiée. Le premier pas d'Armstrong s'est effectué à l'ombre du LM et l'image, très connue d'une empreinte, souvent prise pour le pas d'Armstrong sur la Lune, montre en réalité un des pas laissés et photographié par Aldrin lui-même.

#### 1. oLe drapeau abattu

Si la caméra (à 20m du LEM) qui a filmé les exploits d'Armstrong et d'Aldrin est toujours en place sur son pied car éloigné du LEM, le drapeau américain planté par les deux hommes n'est plus debout. Il se situait à mi-chemin entre la caméra et le module lunaire. Il a été arraché par le souffle du décollage. Buzz Aldrin a dit l'avoir vu s'envoler à cet instant précis.

#### 1. oTraces durables

Les images récentes de de la sonde LRO montre que sur la Lune, les traces laissées par les astronautes d'Apollo 11 demeureront encore très longtemps. À moins qu'une météorite ne vienne les effacer d'un coup (les probabilités sont faibles), elles devraient rester encore pendant des siècles.

### - Quelques un des Incidents du programme Apollo

Après l'accident d'Apollo 1, de très nombreux incidents mineurs ou d'autres plus graves émaillèrent ce programme dont le bilan reste remarquablement positif.

1. **Apollo 12** : La fusée qui lança Apollo 12 fut frappée par la foudre peu de temps après le décollage. La plupart des systèmes à bord d'Apollo furent momentanément hors service, incluant les systèmes de guidage et de navigation. Le vol ne fut pas annulé car la fusée Saturn V avait son propre système de navigation, qui n'avait pas été affecté.

2. **Apollo 13** : Le 13 avril 1970, l'équipage d'Apollo 13 retourna sur Terre après qu'une explosion d'un réservoir d'oxygène fut survenue dans le vaisseau en route pour la Lune. Ils survécurent, après que la plupart des systèmes à bord furent mis hors service, en utilisant le module lunaire pour leur apporter le nécessaire à leur survie et l'énergie pour le retour.

3. **Apollo 13** a aussi connu un problème au lancement qui fut à deux doigts de provoquer l'avortement du lancement, mais cela fut occulté par les événements ultérieurs. Le moteur central du deuxième étage connut de violentes secousses ce qui entraîna son extinction prématurée. L'engin de deux tonnes, solidement amarré, oscillait de haut en bas, sur une amplitude 76 mm avec une fréquence de 16 Hz. Après trois secondes d'oscillations le moteur fut automatiquement coupé, bien qu'il ne fût pas conçu pour ce cas. Si ce phénomène avait perduré, cela aurait pu conduire à la désintégration de la fusée.

4. **Apollo 14** : Le début du transit vers la Lune est marqué par un incident qui manque d'interrompre la: l'équipage doit s'y reprendre à 5 reprises pour amarrer le CSM au module lunaire.

Lors de la mise en orbite autour de la Lune, puis la descente vers la Lune plusieurs incidents ont failli provoquer l'annulation de la mission : d'abord un processus d'annulation automatique

se déclenche, qu'Houston mettra 40mn à invalider, puis le radar de descente du LEM en approche disparaît qu'une coupure et remise en tension in extrémis permettra de réinitialiser.

1. o**Apollo 15** : L'utilisation du Rover dans des conditions de pentes élevées (20°) avec des problèmes techniques sur la commande de direction ont conduit les astronautes à aller plusieurs fois au-delà des limites d'adhérence du véhicule.

Enfin au retour, un des trois parachutes, lors de la descente vers le sol terrestre, se met en torche sans dommage finalement pour l'équipage.

### - **Sur la personnalité de Neil Armstrong**

Après la mission Apollo 11, Neil Armstrong a passé son temps à fuir la notoriété. Sollicité par de très nombreuses universités pour être nommé docteur honoris causa, il n'en a accepté que très peu. Auréolé de son succès, l'astronaute aurait pu en tirer le maximum de profit. D'autres que lui ne s'en sont pas privés.

Peu après Apollo 11, il annonce son retrait des vols spatiaux. Il a aussi souvent refusé de donner des autographes en raison du trafic auquel ils donnent lieu. Il combat également les usages non autorisés de son nom, de son image ou de ses citations. En 2005, il attaque son coiffeur qui a vendu des mèches de ses cheveux à un collectionneur pour 3.000 dollars. Armstrong le contraint à faire don de cette somme à une œuvre.

## **CONTRIBUTION SOVIETIQUE A L'EXPLORATION LUNAIRE**

Malgré de nombreux échecs les soviétiques ont accumulé un nombre important de premières (plus de la moitié des 45 sondes lancées vers la Lune ont échoué)

- 1959 - Luna 2 est la **première sonde à atteindre la Lune**, c'est aussi la première fois

qu'un engin spatial atteint un autre corps céleste ;

- Luna 3 photographie pour la première fois **la face cachée**.
- Luna 9 réussit le **premier alunissage** en douceur.
- Luna 10 lancée en mars 1966 se place en orbite lunaire le 2 avril, devenant ainsi le **premier satellite artificiel** de notre satellite naturel.

- Luna 13 se pose dans l'Océan des Tempêtes et y a collecté des **échantillons de sol**, essentiellement pour en déterminer la consistance et la radioactivité. Zond 6 , après son rendez-vous lunaire effectuera un atterrissage, directement en Union soviétique.

- Le 13 juillet 1969, soit trois jours avant le lancement d'Apollo 11, luna 15, initialement destinée au premier retour sur Terre d'échantillons du sol lunaire, s'écrase dans la mer des Crises.

- Après 1969, l'exploration de notre satellite par l'Union soviétique se poursuit. Cela a été l'occasion d'un **retour d'échantillons** de sol lunaire notamment par les sondes automatiques Zond 7 et 8

- Luna 17 lancée le 10 novembre 1970 emportait le Lunokhod 1 (800kg). Cet engin entièrement télécommandé depuis la Terre a été le **premier véhicule** à avoir roulé sur la Lune. Le débarquement du Lunokhod 2 en 1974, dans le cirque comblé Le Monnier en bordure de la Mer de la Sérénité a permis pendant quatre mois la transmission de 80 000 images sur 37 kilomètres.

## IMPULSIONS DU PROGRAMME LUNAIRE – ORIGINE D'APPORTS SCIENTIFIQUES et TECHNIQUES

Après avoir été un enjeu principalement idéologique (premier homme sur la Lune) pendant toute la période de la Guerre froide, la conquête spatiale est devenue aujourd'hui un enjeu économique, scientifique et militaire. En effet, l'essor de ce secteur permet aux différents pays de démontrer leur puissance technologique, de la développer au service de l'innovation et d'entretenir de fructueux échanges.

On estime que ces technologies ont engendré après le programme Apollo de nombreuses d'innovations qui ont approfondi nos connaissances, changé notre quotidien et amélioré nos conditions de vie.

### 1. Dans le domaine scientifique

Astrophysique et Astrochimie : Connaissances améliorées de l'univers (**vitesse de l'Expansion, confirmation de l'existence des trous noirs** ...) et de sa composition grâce au télescope spatial Hubble et aux différentes sondes spatiales.

### 2. Dans le domaine des technologies

Météorologie : Amélioration des prévisions **météo** et meilleure anticipation des catastrophes naturelles grâce à une couverture complète et en temps réel de l'observation satellite de la surface de la Terre

Cartographie et **GPS** : optimisation des temps de transport par guidage et suivi en temps réel **Télécommunication** : chaînes TV diffusées par satellite, téléphonie, internet par satellite...

Sur un plan **militaire**, les satellites permettent à chaque pays de s'observer et d'assurer leur sécurité.

**Transports** : **airbag** dont la première version fut conçue par les Soviétique, pour les sondes spatiales.

Augmentation de la robustesse : **matériaux composites**, à base de fibre de verre ou de carbone que l'on retrouve aujourd'hui dans l'aéronautique, l'automobile, et la construction navale ou ferroviaire.

**Informatique et Internet** : premiers langages informatiques, premiers ordinateurs avec circuits intégrés, réseaux Arpanet ancêtre d'internet...

### 3. Dans le domaine de la santé

**Imagerie médicale** : Maladies mieux détectées avec l'IRM, dont l'origine remonte au programme Apollo. Initialement, les chercheurs de la NASA développaient un système pour mieux photographier la surface lunaire afin de préparer les futurs alunissages.

Systèmes de soin : **couverture de survie** (au départ un film chargé de réfléchir les ondes radio sur le satellite Echo 1), **pompe à insuline** (issues du programme Viking),

**pompe d'assistance ventriculaire**

(utilisée dans les cœurs artificiels et dérivés des pompes à carburant utilisées pour les navettes),

**prothèses**

plus légères et plus résistantes issues des matériaux mis au point pour les fusées ...

### 4. Dans l'environnement

Réduction des dépenses énergétiques avec :

– le développement des **panneaux solaires** chez les particuliers alors qu'ils ont été créés à l'origine pour fournir une source d'électricité durable aux satellites envoyés dans l'espace.

– l'utilisation d'un aérogel dérivé de la navette spatiale comme **isolants** pour les habitations

### 5. Dans le domaine de l'alimentation

La **lyophilisation** (déshydratation par le froid) des aliments dont le contrôle avant les vols a abouti à un système de règles appelé HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point, soit : analyse des risques et des points critiques). Ce système garantit l'hygiène de fabrication et la qualité des produits et représente aujourd'hui une référence mondiale pour les industries

agroalimentaires.

Dossier réalisé par Alain Gélis et Michel Reynard

{backbutton}