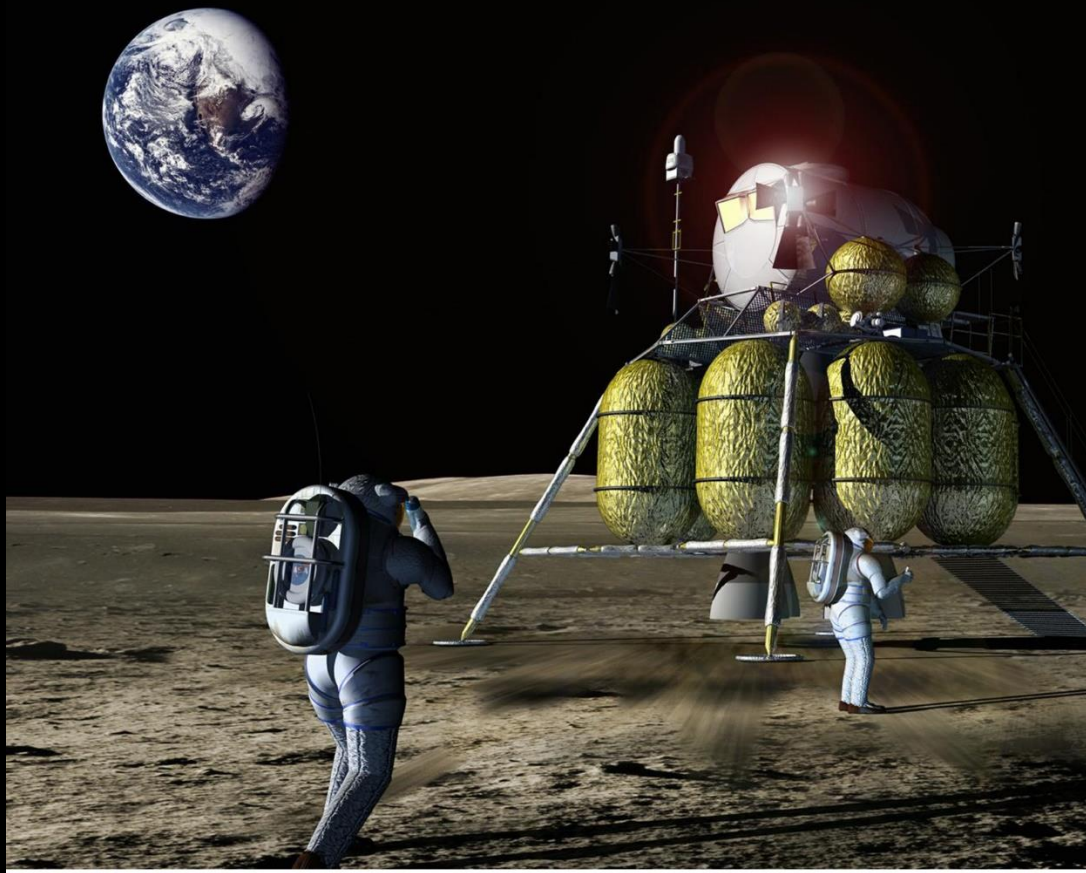


**VOYAGE
DANS
L'ESPACE**

Épisode

24

DEMAIN LA LUNE



Quand retournerons-nous sur
la Lune et pour y faire quoi?

Le balado et les fascicules

Depuis janvier 2018, Claude Lafleur et Mathieu Rancourt produisent un balado consacré à l'exploration de l'espace. Intitulé *Voyage dans l'espace*, il est diffusé sur la plate-forme soundcloud.com. Chaque épisode vous fait parcourir une dimension particulière, qu'il s'agisse de l'exploration d'une planète, de la recherche de vie dans l'Univers ou de l'aventure des astronautes et de ceux et celles qui rêvent d'espace.

Pour chaque balado, ils préparent un exposé détaillé, sous forme de questions/réponses. Ils publient ces exposés sous forme de fascicules pdf, comme celui-ci. Il s'agit donc d'une conversation entre l'animateur de *Voyage dans l'espace*, Mathieu, et le passionné d'espace, Claude.

Notez que le balado diffusé s'inspire librement des questions/réponses préparées à cet effet. Le texte qui suit n'est pas un verbatim de l'émission, mais plutôt une autre version; le balado et ce fascicule se complètent l'un et l'autre.

Tous les fascicules sont offerts aux abonnés du balado *Voyage dans l'espace*, abonnement au coût de 5\$/mois, via la plate-forme patreon.com.

Mathieu Rancourt est géographe et professionnel de recherche au Centre de recherche du CHUM. **Claude Lafleur** est journaliste scientifique qui suit au quotidien depuis cinquante ans les péripéties de l'exploration spatiale.

L'équipe des fascicules:
Rédaction: Claude Lafleur
Couverture: Mathieu Rancourt
Illustrations: NASA. Xinhua, *Nature*.

Balado: <https://soundcloud.com/voyage-danslespace/>
Abonnement:
<https://www.patreon.com/voyagedanslespace>
Facebook: <https://www.facebook.com/voyagedanslespace/>

Courriel: claude-lafleur1@videotron.ca

© Copyright, Claude Lafleur, 2018

Nous vous encourageons à diffuser ce document (fichier .pdf ou imprimé) en autant que celui-ci soit diffusé dans son intégralité et que cette diffusion n'implique pas d'échange d'argent (vente ou autre).

Nous encourageons particulièrement les enseignants à utiliser ce document en classe, en tout ou en partie. Nous désirons ainsi les encourager à partager les merveilles de la science et du monde dans lequel nous vivons.

ISBN 978-2-923275-54-3 (pdf)
ISBN 978-2-923275-55-0 (kindle)
Dépôt légal: Bibliothèque du Canada,
2019



Alunissage de la sonde chinoise Chang'e 4, le 3 janvier 2019.

Demain la Lune

Quand retournerons-nous sur la Lune et pour y faire quoi?

Écoutez le balado *Demain la Lune*, diffusé le 10 février 2019.

La semaine dernière, nous vous avons recommandé de regarder l'excellent documentaire *La Lune, le huitième continent*, produit par ARTE et disponible sur YouTube. Si vous ne l'avez pas déjà fait, nous vous recommandons de le visionner avant d'écouter ce balado.

Claude, pourquoi est-ce si important de regarder le documentaire d'ARTE avant de nous écouter?

Parce qu'il s'agit d'un reportage très récent qui met merveilleusement bien la table à l'exposé que nous allons vous livrer. Précisons que j'avais déjà préparé l'essentiel de ce balado lorsque je suis tombé par hasard sur ce documentaire. Or, j'ai trouvé formidable que *La Lune, le huitième continent* présente aussi clairement plusieurs des enjeux dont nous allons

discuter dans ce balado. L'ayant vu avant de nous écouter, vous comprendrez plus facilement ce dont nous allons parler durant la prochaine heure.

Alors donc, passons maintenant à notre balado *Demain la Lune*, dans lequel on discutera du quand et du pourquoi nous retournerons un jour sur notre satellite naturel.

Mais rappelons d'abord qu'au lendemain des fêtes, les Chinois sont parvenus à

faire se poser la sonde Chang'e 4 [«chang i quatre»] sur la face cachée de la Lune. C'est la première fois qu'une sonde se posait de l'autre côté de la Lune.

Bien entendu, cette mission soulève à nouveau l'intérêt d'explorer notre proche voisine, c'est-à-dire d'y envoyer un jour des hommes et, cette fois-ci, des femmes également.

Les Chinois parlent d'ailleurs d'un vaste programme d'exploration lunaire, de même que la NASA et Roscosmos (l'agence spatiale russe). Dans le cas des Américains et des Russes, ils élaborent en ce moment même d'ambitieux projets, envisageant y placer une station orbitale autour de la Lune et explorer sa surface à l'aide de robots, en prévision du jour où on y installera une base habitée... et, pourquoi pas même: une colonie!

On notera au passage que cet intérêt grandissant pour la Lune ouvre de formidables perspectives de collaboration internationale. C'est ainsi que l'Europe, de même que quantité de pays comme le Japon, le Canada, l'Inde, le Brésil... pourraient contribuer aux projets américains, russes et chinois... sinon même, et pourquoi pas, à un éventuel projet américano-russo-chinois!

C'est dire que la collaboration établie il y a une trentaine d'années entre les États-

Unis, l'Europe, le Japon et le Canada pour élaborer la Station spatiale internationale – et à laquelle s'est jointe la Russie il y a 25 ans – pourrait un jour déboucher sur une collaboration encore plus ambitieuse concernant l'exploration de la Lune.

Et phénomène qui surprendra sans doute tous nos auditeurs et auditrices, c'est qu'on peut attribuer ce regain d'intérêt pour la Lune... à nul autre que Donald Trump! Mais comment est-ce possible?

Eh oui, j'en conviens, c'est quelque chose qui a de quoi surprendre tout le monde. Mais le fait est, comme nous le verrons, que le 11 décembre 2017, Donald Trump a signé ce qu'il a pompeusement baptisé sa *Directive de politique spatiale No. 1* dans laquelle il ordonne à la NASA de réorienter ses principales activités vers un retour sur la Lune. Or, depuis ce jour, on voit surgir un peu partout sur la planète un vif intérêt pour notre voisine. Étonnant, tout de même... (Mais nous y reviendrons...)

Et, comme nous le verrons, il y a encore loin de la coupe aux lèvres. Mais avant d'aller plus loin, retournons au matin du 3 janvier, alors que la sonde chinoise Chang'e 4 s'est posée sur la Lune.

Thème 1

Une sonde sur la face cachée

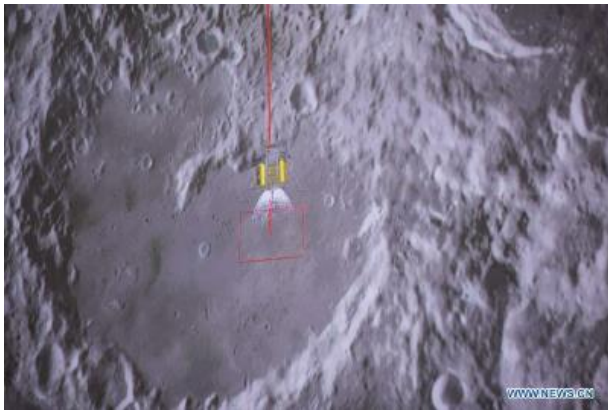
Jeudi, 3 janvier, la Chine est parvenue à poser avec succès une sonde sur la face cachée de la Lune.

Rappelons que Chang'e 4 s'était envoyée du cosmodrome de Xichang le 7 décembre pour se placer en orbite autour de

la Lune quatre jours plus tard. Durant trois semaines, elle a pris le temps d'ajuster précisément son orbite, pendant que

les responsables de la mission décidaient où exactement elle allait se poser, c'est-à-dire à quel endroit précis du cratère Von Karman situé au pôle sud, un site entouré de montagnes hautes de 10 km (soit plus que notre mont Everest).

Et c'est au matin du 3 janvier (heure de Beijing), c'est-à-dire le 2 janvier au soir, notre heure, qu'ils se sont sentis prêts à passer à l'action.



Le cratère Von Karman où s'est posée Chang'e 4.

Il faut dire que tout alunissage d'une sonde s'effectue en mode entièrement automatique, c'est-à-dire sans assistance humaine. Les contrôleurs de la mission avaient préalablement téléchargé à bord de la sonde toutes les instructions informatiques nécessaires pour exécuter la descente et déterminer avec une extrême

précision à quel moment devait débuter la manœuvre. Pour le reste, tout s'est effectué automatiquement.

Les contrôleurs du vol ont ainsi vécu «12 minutes de terreur», comme lorsque la sonde américaine InSight s'est posée sur Mars en novembre dernier (voir notre bado *Un automne planétaire*).

Dans un premier temps, Chang'e 4 devait éviter les hautes montagnes lunaires. Puis, parvenue à peu près au-dessus du cratère Von Karman, elle a amorcé sa descente presque à la verticale. Parvenue à 2 km d'altitude, elle a commencé à scruter le sol afin de repérer les obstacles à éviter: accidents de terrain, cratères, rochers, crevasses, etc.

Rendue à 100 mètres d'altitude, Chang'e 4 s'est mise à chercher une zone plane et la plus horizontale possible.

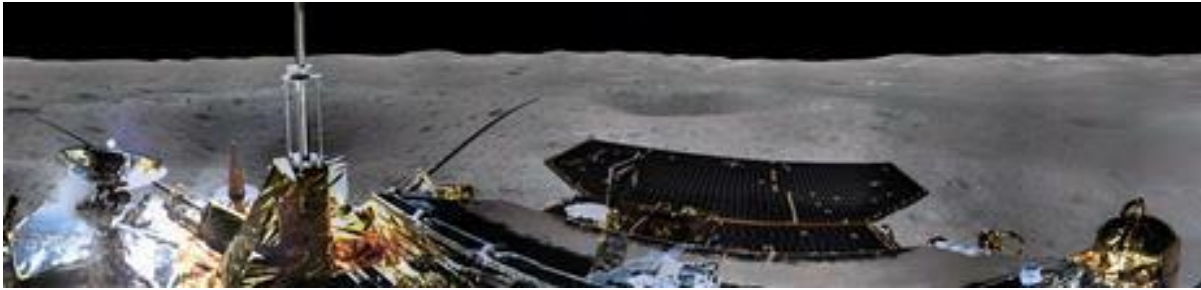
Enfin, à 2 mètres du sol, ses moteurs-fusée ont été coupés et Chang'e 4 a touché doucement le sol. La gravité lunaire étant six fois moindre que celle de la Terre, l'impact a été six fois plus doux.

Il était alors 10h26, heure de Beijing, jeudi matin, ou 2h26 en temps universel. À Montréal, il était 21h26, mercredi soir.

C'était la première fois qu'une sonde se posait de «l'autre côté» de la Lune.



À gauche, la sonde Chang'e 4 photographiée par le petit véhicule tout-terrain Yutu 2 (à droite), qu'elle a déposé au lendemain de son arrivée sur la Lune.



Panorama lunaire (360°): voici le paysage qu'observe la sonde Chang'e 4.



Et, belle coïncidence, cet alunissage est survenu exactement 60 ans après le premier passage d'une sonde aux abords de la Lune.

C'est en effet le 3 janvier 1959 que les Soviétiques ont pris tout le monde par surprise en lançant une petite sonde, qu'on a baptisé Lunik et qui est passée 34 heures plus tard à 6 400 km de la Lune.

Lunik a ensuite poursuivi sa course pour se placer en orbite autour du Soleil, devenant la première «planète artificielle» du Système solaire, c'est-à-dire le premier objet de fabrication humaine à échapper à la gravité terrestre et à s'aventurer dans le Système solaire. Les Soviétiques lui ont donné le nom de Metcha, c'est-à-dire rêve. Et 60 ans plus tard, Metcha gravite toujours autour du Soleil... pour l'éternité.

À l'époque, cette mission fut un grand exploit de l'ère spatiale. L'année précédente (1958), les Américains avaient tenté par quatre fois d'atteindre la Lune à l'aide de petites sondes *Pioneer*, mais ils avaient chaque fois raté leur coup. Et voilà que les Russes leur damaient le pion une fois de plus. Cette opération Lunik marquait

un jalon de plus dans la course à l'espace qui s'était amorcée quinze mois plus tôt avec le lancement de Spoutnik 1, le 4 octobre 1957.

La course à la Lune qui s'amorçait alors avait trois objectifs.

Dans un premier temps, il s'agissait de montrer laquelle des deux puissances spatiales était la meilleure en parvenant la première à la Lune.

En deuxième lieu, on était extrêmement intéressé à étudier notre satellite naturel, le premier astre par-delà la Terre qu'on pouvait explorer. Bien sûr, on rêvait d'explorer Mars et Vénus – des planètes beaucoup plus intéressantes que la Lune (sur lesquelles, pensait-on à l'époque, on pourrait peut-être y trouver des traces de vie) – mais qui sont des milliers de fois plus distantes de nous que la Lune. Cette dernière se trouve donc à notre portée... et pourrait d'ailleurs servir de banc d'essai pour mettre au point les techniques qui nous permettront d'explorer les planètes du Système solaire.

Il y avait aussi une troisième bonne raison d'explorer la Lune, à savoir: réaliser le grand rêve de l'humanité: celui d'aller y

marcher! Depuis des siècles, en effet, et surtout depuis la parution du récit de Jules Verne *De la Terre à la Lune*, en 1865, on rêvait du jour où des hommes marcheraient sur la Lune. Hergé a par la suite fortement stimulé ce rêve en publiant en 1954 *On a marché sur la Lune*.

C'est ainsi qu'au début de l'ère spatiale, on rêvait beaucoup moins du jour où on enverrait des hommes en orbite terrestre qu'au jour où on débarquerait sur la Lune.

C'est pourquoi la conquête lunaire a accaparé tant d'importance au début de l'ère spatiale.

Étudier la Lune puisqu'il s'agit de l'astre le plus proche de nous – le plus accessible – et s'en servir comme banc d'essai pour un jour se rendre jusqu'à Mars, ce sont là les principales raisons pour lesquelles nous nous intéressons aujourd'hui encore à elle, n'est-ce pas?

Très juste. À vrai dire, si le grand rêve de notre époque, c'est d'envoyer des humains sur Mars, la planète rouge demeure aujourd'hui encore hors de notre portée. Par contre, la Lune nous attire de plus en plus, et ce pour diverses raisons, en tout premier lieu, parce qu'elle est à notre portée technologiquement et financièrement.

En effet, malgré tous les rêves qu'on élabore, une mission vers Mars demeure au-delà de nos capacités technologiques et financières. Il faudra en effet y consacrer des centaines de milliards \$/€ et des décennies d'intenses préparations et de développement technologique pour parvenir jusqu'à Mars. Tandis que la Lune coûtera des dizaines de fois moins cher et, surtout, on peut espérer y retourner d'ici une décennie... à une condition toutefois: qu'on s'attelle sérieusement à la tâche!

Thème 2

«*C'est quoi le problème?!*»

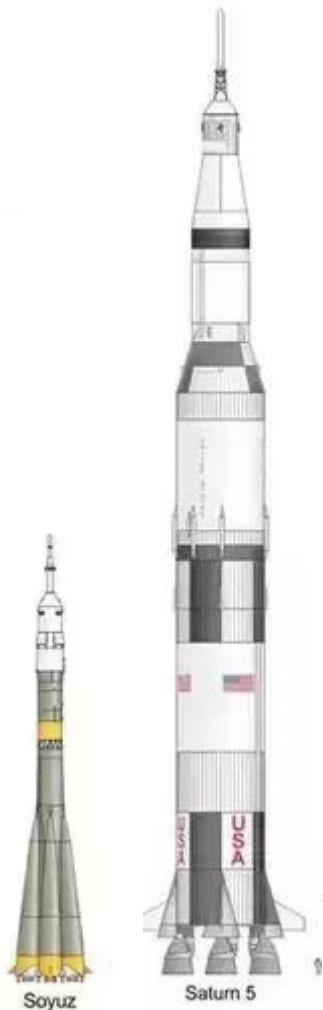
Considérant que nous avons marché sur la Lune à six reprises il y a cinquante ans, il est curieux de songer qu'il nous faudra consacrer des «sommés astronomiques» et une bonne décennie d'intenses préparatifs pour y retourner. Qui plus est, comme on expédie déjà couramment des astronautes vers la Station spatiale internationale, pourquoi est-ce si difficile de parvenir jusqu'à la Lune... qui n'est pourtant qu'*un peu plus loin*? *C'est quoi le problème?*

Pour mettre les choses en perspective, rappelons d'abord que la Station spatiale internationale gravite à 400 kilomètres d'altitude. Lorsqu'on lance des astronautes depuis la Terre, il leur faut dix minutes pour se placer en orbite à 200 km d'altitude, puis quelques heures pour rejoindre la station.

Quant à la Lune, elle se trouve à 385 000 kilomètres de nous et il faut trois ou quatre jours pour y parvenir. (Quant à Mars, elle se trouve à des dizaines de millions de kilomètres de nous et il faut de six à huit mois pour l'atteindre.)

au décollage 300 tonnes, tandis qu'une Saturn 5 pesait 3000 tonnes, soit dix fois plus.

Et si on considère que 90% de la masse d'une fusée est constituée de carburant, on peut donc conclure qu'il en coûte dix fois plus d'énergie (donc de carburant) pour envoyer un équipage vers la Lune plutôt que vers la Station spatiale.



Comparaison d'une Soyuz et d'une Saturn V.

Pourquoi a-t-on besoin de fusées dix fois plus puissantes pour se rendre à la Lune, s'il nous faut augmenter notre vitesse que de 50%?

C'est qu'en pratique, il est beaucoup plus difficile de se rendre sur la Lune qu'à

la Station spatiale.

Ainsi, du moment où vous vous placez en orbite terrestre, à quelques 200 km d'altitude, vous augmentez progressivement votre altitude, jusqu'à atteindre celle de la station, une opération qui demande peu de carburant... et quelques heures de vol.

Dans le cas de la Lune, une fois que vous avez quitté la Terre à 40 000 km/h, vous voguez vers la Lune durant trois ou quatre jours, ce qui nécessite très peu de carburant.

Par contre, en bout de course, vous vous trouvez à aborder la Lune avec une vitesse beaucoup trop grande pour que votre vaisseau soit capturé par la force de gravité de la Lune. Il vous faut absolument donner un important coup de frein – perdre une partie appréciable de votre vitesse – pour être capturé par la Lune. Voilà qui exige une importante quantité de carburant. Et si jamais vous ratez votre freinage, vous risquez de vous perdre à tout jamais dans l'espace.

Mais ce n'est pas tout. À partir de là, vous gravitez en orbite autour de la Lune. Si votre mission est de vous poser sur le sol, vous devez descendre vers celui-ci, ce qui exige encore une fois énormément de carburant.

Et une fois votre mission sur le sol lunaire complétée, vous devez quitter la Lune pour prendre la direction de la Terre, ce qui exige, j'imagine, encore une fois d'énormes quantités de carburant?

Exact. Tandis que pour les astronautes qui séjournent à bord de la Station spatiale, au terme de leur mission, ils quittent celle-ci en se désarrimant et en se donnant un léger «coup de frein» pour décrocher de l'orbite et revenir sur Terre. C'est nettement moins complexe et coûteux qu'un

retour de la Lune.

Car vous aurez compris, j'imagine, qu'au départ de la Terre, vous devez emporter tout le carburant nécessaire pour vous placez en orbite lunaire, puis pour y atterrir et pour revenir sur Terre. Vous avez en fait besoin d'énormes quantités de carburant pour transporter tout au long du voyage celui qui vous permettra de réaliser chacune des étapes du voyage lunaire. Voilà pourquoi une fusée lunaire est dix fois plus massive qu'une fusée capable d'acheminer un équipage en orbite terrestre.

Et ce n'est pas tout, dis-tu? Encore?!

En effet. Pour terminer, lors du retour sur Terre depuis l'orbite terrestre, il vous faut dissiper la vitesse de 28 000 km/h que vous avez acquise au décollage. De même, lors d'un retour de la Lune, il vous faut perdre les 40 000 km/h que vous avez gagnés au départ. Comme quoi, rien ne se perd, rien ne se crée. C'est dire que le retour sur Terre est nettement plus exigeant lorsqu'on revient de la Lune que de la Station spatiale.

D'accord. On comprend donc qu'une mission lunaire requiert bien davantage de moyens qu'un séjour en orbite terrestre. Mais on a déjà réalisé tout cela

près d'une dizaine de fois lors des missions Apollo dans les années 1960. Pourquoi sera-t-il si difficile, onéreux et long pour retourner de nouveau sur la Lune? Ne possède-t-on pas déjà tout le savoir-faire et le matériel nécessaires?

Le savoir-faire oui (ou presque), le matériel, aucunement!

Comme nous nous sommes rendus sur la Lune il y a cinquante ans, on peut considérer que deux ou trois générations d'ingénieurs se sont écoulées depuis celle qui a conçu et fabriqué le matériel Apollo. Il faudra donc aux ingénieurs d'aujourd'hui qu'ils réapprennent tout, d'autant plus que les technologies ont énormément évolué depuis les années 1960. Nos ingénieurs ont donc à réapprendre à concevoir et à développer le type de fusées et de vaisseaux dont on a besoin pour se rendre sur la Lune.

Par contre, on connaît maintenant très bien la Lune et on a acquis un important bagage de connaissances scientifiques et technologiques que les ingénieurs des années 1960 ne possédaient pas. Néanmoins, on ne dispose plus de leur bagage d'expérience; il faut tout expérimenter de nouveau... C'est pourquoi il nous faudra de longues années de préparatifs – une bonne décennie – avant d'expédier des équipages sur la Lune.



L'homme sur la Lune: version Apollo des années 1960 (à gauche) et des années 2030 (à droite).

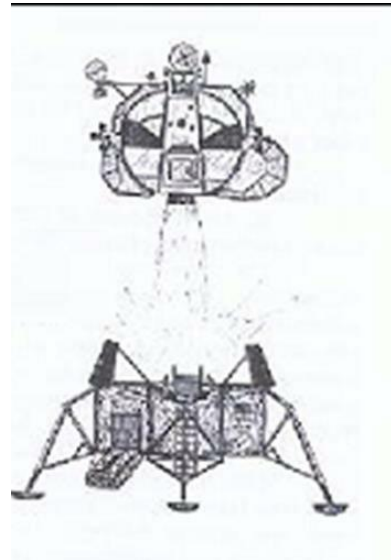
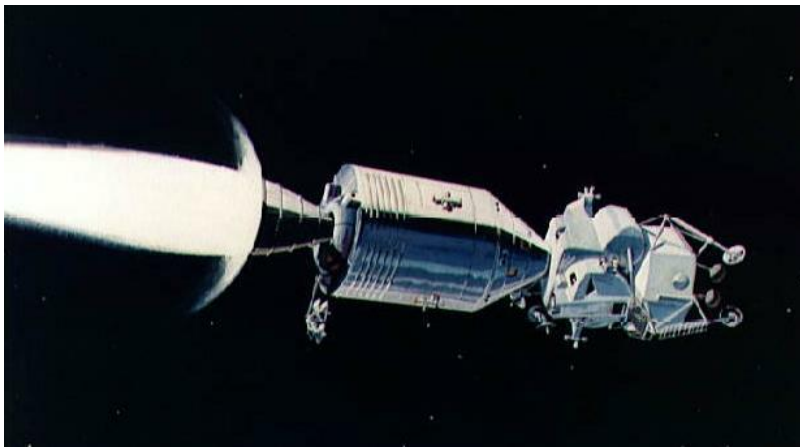
Et on peut ajouter aussi, j'imagine, qu'une mission lunaire étant beaucoup plus complexe qu'un séjour à bord de la Station spatiale, elle sera de ce fait, beaucoup plus risquée, n'est-ce pas?

Et comment donc!

À l'époque des missions Apollo, les responsables de chaque vol vivaient constamment avec deux grandes hantises; deux grands moments de terreur.

Bien sûr, ils avaient la hantise que l'équipage ne parvienne pas à se placer en orbite autour de la Lune ou rate leur alunissage... mais la plus grande terreur était

qu'au moment de s'envoler de la Lune, le moteur-fusée du module lunaire ne fonctionne pas et que les astronautes restent par conséquent bloqués sur la Lune... condamnés à mourir asphyxiés au terme de longues heures d'agonie... Et puis, une fois parvenu en orbite lunaire, il y avait le second risque que le moteur de leur vaisseau de commande, conçu pour les arracher de la gravité lunaire, ne fonctionne pas et que l'équipage demeure bloqué, cette fois, en orbite lunaire. Autre crainte au terme d'une agonie de plusieurs jours....



À gauche, le moteur-fusée du module de commande allumé au moment de la mise en orbite autour de la Lune. À droite, l'étage supérieur du module lunaire avec, en-dessous, son moteur d'ascension.

Ça aurait été horrible!

Eh oui. C'est pourquoi les responsables des missions Apollo éprouvaient de vives inquiétudes tant et aussi longtemps que l'équipage n'était pas en route vers la Terre.

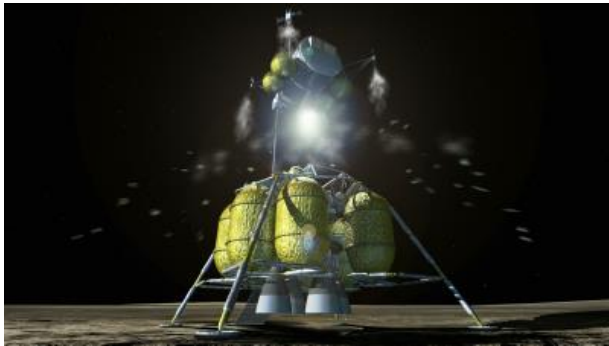
Or, la même hantise risque d'être présente lors des prochaines missions lunaires.

J'imagine qu'on prend toutes les précautions possibles afin d'éviter de connaître un jour un tel drame?

Bien sûr. À l'époque d'Apollo, les ingénieurs avaient fait subir tous les tests imaginables au moteur du module lunaire et à celui du module de commande. Ils avaient même conçu les moteurs-fusée les plus simples possibles, afin de diminuer au maximum les risques de défaillance. Mais comme dans chaque cas, il n'y avait qu'un moteur-fusée – et non deux ou trois – sur

le module lunaire et sur le module de commande, il fallait absolument que chacun remplisse parfaitement sa mission au moment où on en avait le plus besoin.

Il sera intéressant de voir si la prochaine génération de vaisseaux lunaires sera conçue afin d'éviter de se retrouver dans une situation aussi périlleuse.



La prochaine génération de module lunaire pourrait bien, elle aussi, reposer sur un seul moteur d'ascension, tel qu'illustré ci-dessus.

Mais quelles que soient les mesures de sécurité dont sera dotée la prochaine génération de vaisseaux, une mission lunaire risque d'être toujours beaucoup plus périlleuse qu'un séjour à bord de la Station spatiale.

Pourquoi cela? Pourquoi sera-t-il toujours plus risqué d'envoyer des astro-

nautes sur la Lune qu'en orbite terrestre?

Pour au moins deux bonnes raisons.

Premièrement, un équipage à bord de la Station spatiale peut, en cas d'urgence, regagner la Terre en quelques heures seulement, tandis qu'un retour en catastrophe depuis la Lune peut aisément nécessiter deux ou trois jours... comme l'a incidemment illustrée la mission Apollo 13. En outre, la rentrée dans l'atmosphère terrestre se fait à vitesse beaucoup plus grande – 40 000 km/h au lieu de 28 000 km/h – ce qui génère son lot de dangers.

Voilà donc pourquoi on ne peut envisager le retour sur la Lune avant un bon bout de temps. Nos ingénieurs ont encore énormément de travail à faire.

En effet, si on maîtrise bien les bases d'une mission lunaire, comme nous l'ont récemment démontré les Chinois avec la mission Chang'e 4, il nous faut tout de même développer à nouveau les gigantesques fusées lunaires et les vaisseaux capables de transporter en toute sécurité un équipage, ce qui n'est pas une mince affaire.

Thème 3

La Lune, pour y faire quoi?

De toute évidence, l'idée de traiter du retour sur la Lune dans ce balado t'a été inspirée par l'actualité mais également, dis-tu, par un article publié dans l'édition du 24 octobre 2018 du magazine *Nature*. Il s'agit d'un long reportage intitulé «How to build a Moon base», n'est-ce pas?

Eh oui, en octobre dernier, mon ami Richard a porté à mon attention un intéressant article richement illustré de tableaux

d'artistes montrant des astronautes à l'œuvre sur la Lune. On y relate la possibilité d'extraire l'oxygène et l'hydrogène

du sol lunaire pour produire du combustible pour fusée ainsi que d'exploiter les réserves d'eau qui se trouveraient au fond de cratères situés au pôle sud de la Lune, etc.

En résumé, cet article relate toutes les raisons pour lesquelles nous devrions nous installer sur la Lune. Cependant, cette lecture m'a fait «grincer des dents», puisqu'il s'agit du genre d'articles qu'on publiait abondamment dans les années 1960, à la veille des missions Apollo, sous le thème: d'ici peu, on s'installera sur la Lune pour en exploiter ses richesses. De fait, l'article de *Nature* dresse les mêmes constats que ceux exposés dans les années 1960. Comme quoi, pourrait-on dire, rien n'a vraiment évolué en cinquante ans. Constat très navrant, s'il en est!

Mais cet article, soulignons-le, a inspiré ce balado.

Le fait que l'article de *Nature* ressemble à quantité d'autres publiés dans les années 1960 pourrait-il nous indiquer que nos connaissances concernant la Lune ont, tout compte fait, assez peu progressé depuis l'époque d'Apollo?

En effet, dans les années 1960, on spéculait beaucoup sur ce qu'on allait trouver sur la Lune et de quelle façon on pourrait s'en servir. Or, comme le relate l'article de *Nature*, on en est au même point cinquante ans plus tard!

Et c'est un fait, surprenant certes, qu'on connaît encore relativement mal la Lune et qu'elle nous fait encore beaucoup rêver.

Est-ce à dire qu'on a cessé d'explorer notre satellite naturel au lendemain du programme Apollo?

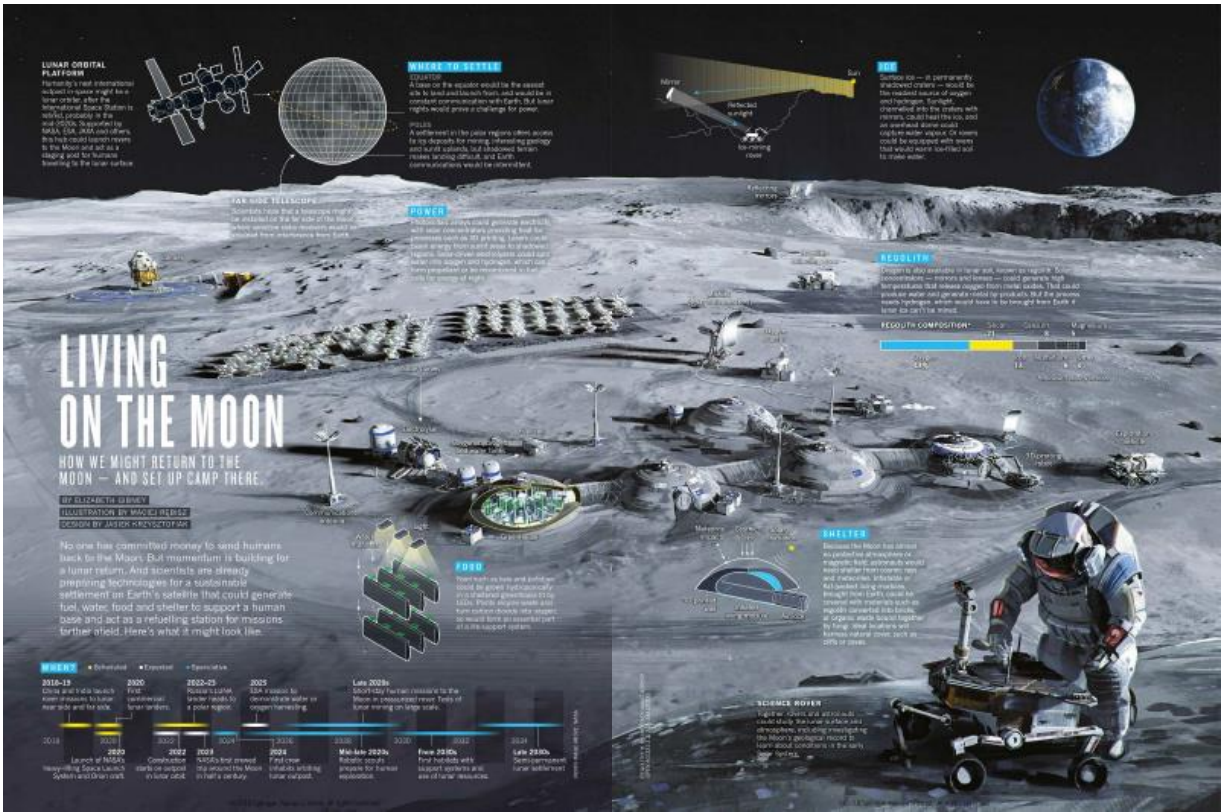
Oui. En fait, à la suite des missions Apollo, on s'est longtemps désintéressé de notre voisine. Durant une trentaine d'années, entre 1977 et 2006, deux sondes seulement l'ont brièvement explorée – tandis qu'on a abondamment étudié Mars. Tout compte fait, on connaît mieux aujourd'hui Mars que notre Lune!

L'exploration de la Lune a repris timidement à partir de 2007 avec des sondes japonaises, chinoises et indiennes – ces pays se servant de notre voisine comme banc d'essai... comme l'avaient fait les Américains et les Soviétiques dans les années 1960.

Et ce n'est qu'en 2009 que la NASA a repris l'étude de notre voisine en plaçant en orbite autour d'elle la sonde *Lunar Reconnaissance Orbiter*. Celle-ci l'ausculte depuis dix ans maintenant et c'est elle qui a repéré la présence d'eau au fond de certains cratères du pôle sud.



L'entête de l'article de *Nature*.



Un jour, nous retournerons sur la Lune, tel que magnifiquement illustré dans *Nature*. Ça fait rêver...

Et, comme nous l'avons annoncé au début de ce balado, c'est le 11 décembre 2017 que le président Trump a relancé l'intérêt d'un peu tout le monde pour la Lune. Qu'a-t-il annoncé au juste?

À l'occasion d'une brève cérémonie à la Maison Blanche, Trump a signé ce qu'il a pompeusement appelé sa *Directive de politique spatiale No. 1* dans laquelle il ordonne à la NASA de se concentrer à nouveau sur la Lune.

«Cette fois-ci, a déclaré Trump, non seulement planterons-nous notre drapeau et y laisserons-nous nos traces de bottes, mais nous allons établir les fondements d'une éventuelle mission vers Mars.»

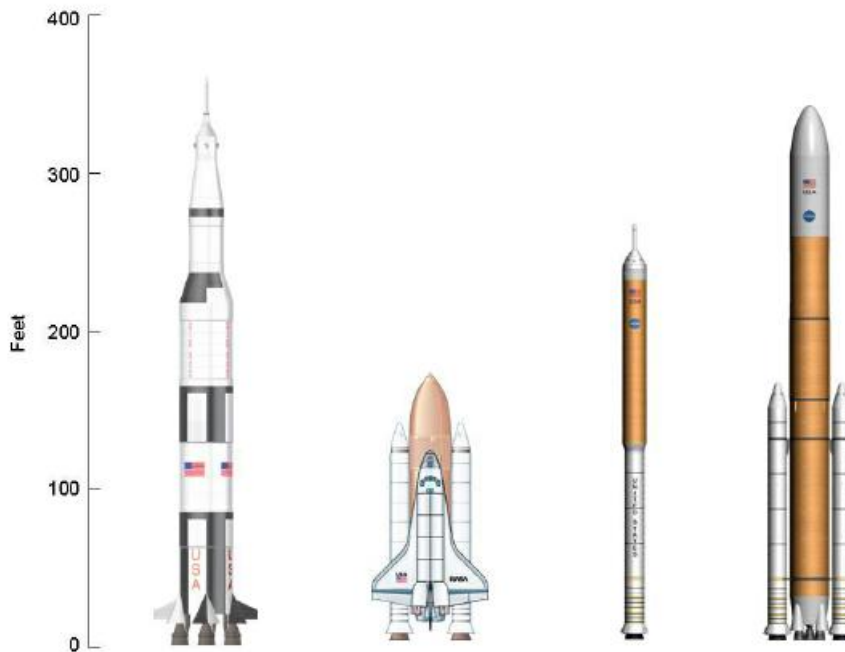
Or, comme nous l'avons relaté dans le balado *Le jeu des dates* – qui trace les grandes lignes de l'exploration spatiale –

Trump n'est pas le premier président à avoir visé la Lune.

Trente ans plus tôt, le 20 juillet 1989, à l'occasion du 20^{ème} anniversaire d'Apollo 11, le président George Bush père avait annoncé que les Américains retourneraient sur la Lune en l'an 2000. Mais ce projet est allé nulle part puisque le Congrès n'avait vraiment pas le goût de consacrer les cents milliards \$ nécessaires à un retour sur la Lune.

En 2004, son fils a fait sensiblement la même annonce: des Américains sur la Lune pour 2020. Cette fois, le projet est allé plus loin puisque depuis ce temps, la NASA a mis en chantier une gigantesque fusée lunaire, dite SLS (pour *Space Launch System*) ainsi qu'une capsule spatiale baptisée Orion.

Il s'agit en fait d'un ambitieux programme de développement technologique baptisé Constellation qui nous amènerait éventuellement jusqu'à Mars.



Comparaison entre la fusée Saturn V d'Apollo, la Navette spatiale et les deux versions de la fusée Ares 1 et 5 (SLS) du programme Constellation.

Toutefois, malgré la quinzaine de milliards \$ dépensés durant les années Bush, Constellation n'a guère progressé. C'est ainsi qu'en 2010, Barack Obama, nouvellement élu, l'a réorientée vers des objectifs plus vagues, dont l'exploration d'un astéroïde par des astronautes. Or, huit ans plus tard, au terme de sa présidence, Constellation n'avait pas plus avancé, de sorte que Donald Trump l'a redirigée à nouveau vers la Lune.

Mais..., mais j'ai l'impression qu'on tourne en rond, qu'on tourne en rond depuis trente ans, non? On y va ou on n'y va pas sur la Lune?!

Très juste! Il est époustouflant de constater que depuis son lancement en 2004, le programme Constellation a englouti plus de 50 milliards \$ sans qu'aucune mission n'ait été réalisée! On parle maintenant d'un premier essai de la fusée SLS (sans

équipage) en 2020 et d'un premier vol habité en 2022... *au plus tôt!*



Plus récente version de la fusée SLS.

Ça fera alors presque vingt ans que la NASA travaille sur ce projet! Vingt ans... Et quand Trump espère-t-il qu'on marchera enfin sur la Lune?

On ne le sait pas puisque, contrairement à Bush père et fils, il n'a pas fixé d'échéancier. Mais, surtout, Trump a décidé de donner une nouvelle «couleur» au projet lunaire américain.

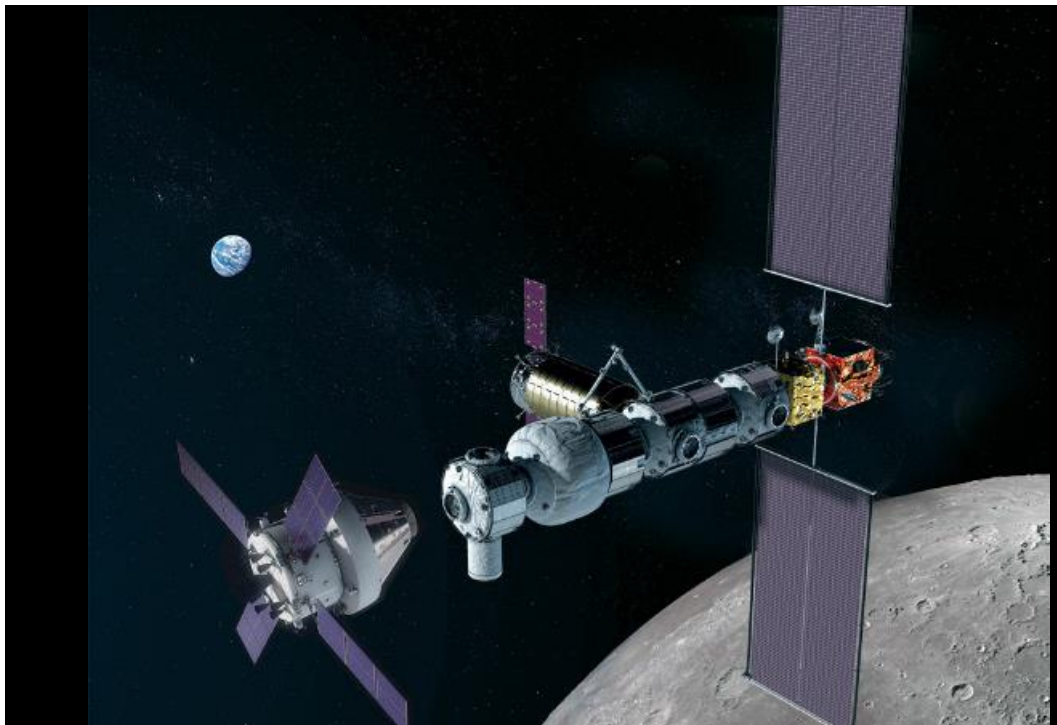
En homme d'affaire qu'il est, il a décidé que la NASA deviendrait l'acheteur de services auprès d'une foule d'entreprises privées qui, elles, développeront divers services de transport vers la Lune, des vaisseaux et des équipements pour l'étude et l'exploration, des systèmes logistiques et de ravitaillement, etc.

Ainsi, contrairement aux programmes Apollo, de Navette ou de la Station spatiale, alors que la NASA assurait la maîtrise d'œuvre, Trump compte sur l'entreprise privée pour développer divers systèmes et services... qu'elle vendra par la suite à divers clients, dont la NASA, mais également

à d'autres agences spatiales, institutions et entreprises qui envisageront d'explorer et d'exploiter la Lune.

C'est un tout autre «modèle d'affaire», quelque chose d'inédit dans le domaine spatial, que propose Trump?

Oui et non. En fait, c'est de cette façon que fonctionne le secteur du lancement de satellites: un certain nombre d'entreprises offrent des services de lancement – dont Ariespace, SpaceX, ULA et compagnie – qu'une série de «consommateurs» achètent, dont des agences spatiales, les entreprises privées de télécommunication par satellite ou d'observation de la Terre, etc. (Notons cependant qu'il y a une importante surcapacité de lancement, de sorte que la concurrence entre les lanceurs est très vive. C'est ainsi qu'Ariespace, par exemple, pourrait lancer deux ou trois fois plus de satellites qu'elle ne le fait, faute de clients.)



Une capsule Orion sur le point de s'arrimer au portail *Lunar Gateway*.

Trump espère donc créer le même genre de formule qui mènera à l'exploitation de la Lune?

Oui. Et c'est pourquoi la NASA propose un projet dit de *Lunar Gateway*, c'est-à-dire un «portail lunaire», une sorte de station-relais placée aux abords de la Lune et à partir de laquelle diverses organisations et entreprises exploreront et exploiteront la Lune à l'aide de robots et, éventuellement, d'équipage.

Et la «beauté» du projet de Trump, si je puis dire, c'est qu'un peu tout le monde pourra se greffer à son portail lunaire?

En effet car, par «tout le monde», entendons non seulement des entreprises fournisseur de services, mais également

divers agences spatiales qui pourraient y apporter leurs propres contributions. C'est ainsi que les agences spatiales européenne, japonaise, canadienne, brésilienne, mexicaine, etc., rêvent de s'associer au projet américain. Tandis que d'autres agences envisagent de développer leurs propres projets lunaires, soit indépendamment ou de concert avec le portail américain. C'est le cas de la Russie et de la Chine.

Bref, toutes les formules seront possibles et c'est pourquoi une foule de projets nous sont présentés.

Exactement, comme l'illustre d'ailleurs très bien l'excellent documentaire *La Lune, le huitième continent* d'ARTE.

Thème 4

Que nous réserve, vraiment, l'avenir...

Que penser de tous les projets lunaires qu'on nous présente et, en particulier, du portail lunaire proposé par le président Trump? Subira-t-il le même sort qu'ont connu les projets lunaires des deux présidents Bush?

Disons que je pourrais résumer ma pensée en disant: «Chat échaudé craint l'eau froide». C'est-à-dire que m'étant déjà enthousiasmé pour les précédentes annonces de retour sur la Lune, j'ai cette fois-ci beaucoup de réserves... et pour de bonnes raisons, me semble-t-il.

La première, c'est bien entendu Donald Trump lui-même... dont la présidence est pour le moins erratique. On peut ainsi douter, ou craindre, que son projet de *Lunar Gateway* ne survive à sa présidence, comme ce fut le cas pour les projets des

présidents Bush. Gageons que le prochain président, quel qu'il soit, voudra se distancer de Trump de toutes les façons. En fait, pour survivre à Trump, il faudrait que le projet de portail lunaire soit déjà très avancé au moment où celui-ci quittera le pouvoir, ce qui est peu probable.

On peut considérer qu'il y a là place au doute, en effet. Mais tout de même, il n'y a pas que le projet américain, les Européens, les Russes, les Chinois... élaborés

rent leurs propres projets... qui pourraient être menés indépendamment de celui des Américains, n'est-ce pas?

Oui, bien sûr. Toutefois, j'entretiens là encore de sérieux doutes. L'impression que j'ai, c'est qu'à l'heure actuelle, ce sont les agences spatiales de ces pays qui se passionnent pour la Lune et qui nous font miroiter de beaux projets. Mais qu'en est-il des politiciens qui devront un jour débloquent les milliards nécessaires à la réalisation de ces projets? Seront-ils aussi enthousiastes le moment venu pour débloquent les milliards? Permettez-moi d'en douter.

Disons que pour le moment, nous n'en sommes qu'au stade préliminaire des esquisses de projet – ce qui coûte relativement peu cher. Mais qu'arrivera-t-il le jour où il faudra débloquent les sommes astronomiques nécessaires? Gageons que l'enthousiasme risque de baisser grandement.

J'ai l'impression qu'à l'heure actuelle, tout le monde cherche à se placer en bonne position pour participer et pour éventuellement bénéficier de la «ruée vers la Lune» à laquelle on assiste. Mais cette ruée pourrait bien disparaître... en même temps que Trump.

Mais tout de même, on parle qu'il y a abondance de richesses sur la Lune. Comme le présente le documentaire d'ARTE, on mentionne notamment de l'eau au fond des cratères lunaires. Il y a ainsi la possibilité de fabriquer du combustible pour fusée, ce qui nous permettra de s'élancer vers Mars, sinon même de miner de la matière première (dont des terres rares) qu'on rapportera sur Terre.... L'exploitation de la Lune pourrait même être rentable, dit-on.

Ah ça, permettez-moi d'en douter, et fortement! Coûtera-t-il vraiment moins cher de lancer des vaisseaux vers Mars depuis la Lune plutôt que depuis la Terre? Ça me paraît peu vraisemblable... du moins, dans un avenir prévisible.

Car si on fabrique du carburant-fusée sur la Lune, il nous faudra tout de même y acheminer les vaisseaux destinés à Mars depuis la Terre – ce qui, comme nous l'avons vu en deuxième partie, est très compliqué et coûte cher. Imaginez aussi les infrastructures nécessaires sur la Lune pour procéder au lancement de vaisseaux interplanétaire. Il me semble évident que, pour un bon bout de temps encore, il en coûtera nettement moins cher de s'envoler de la Terre que depuis la Lune.

Quant à extraire des matières premières du sol lunaire qu'on rapporterait sur Terre, les coûts de transport seront exorbitants... du moins, tant et aussi longtemps qu'on utilisera la technologie actuelle des fusées. À mon avis, aucune compagnie minière lunaire ne pourra rivaliser de sitôt avec ses concurrents terrestres.

Peut-être en serait-il autrement dans un siècle ou deux, mais certainement pas dans les prochaines décennies. Pour moi, il ne fait aucun doute que la Lune ne sera pas rentable dans un avenir prévisible.

Et les Chinois dans tout ça? Ils viennent de réaliser un bel exploit, en posant leur sonde Chang'e 4 sur la face cachée de la Lune. Et ils prévoient lancer en fin d'année la sonde Chang'e 5 qui tentera de ramener quelques kilos de sol lunaire sur Terre. Non seulement ils semblent en avance sur tout le monde, mais les Chinois expriment leur intention de s'installer sur la Lune d'ici une quinzaine d'années, n'est-ce pas?



Quelques-unes des élégantes fusées chinoises Chang Zheng (Longue Marche).

Le cas de la Chine est particulier, j'en conviens. Il faudra un jour que nous y consacrons un balado sur leur programme spatial. Résumons pour l'instant deux ou trois points à ce sujet-là.

Premièrement, il faut savoir que la Chine lance des engins spatiaux depuis cinquante ans maintenant. Mais avec la mission Chang'e 4, c'est la première fois qu'elle réalise une opération spatiale que ni les Américains ni les Russes n'ont tentée. C'est la *première fois en cinquante ans* que la Chine réalise quelque chose d'innovateur dans l'espace!

Toutefois, le programme spatial chinois est au stade de ce qu'avaient réalisé les Américains et les Soviétiques au cours des quinze premières années de conquête spatiale. Le fait est que les réalisations de la Chine dans l'espace ne dépassent pas ce qu'ont cumulé Américains et Soviétiques en 1973. Et encore, puisqu'à cette

époque, les Américains avaient déjà envoyé six équipages explorer le sol lunaire. Or, la Chine est encore très loin d'avoir acquis une telle maîtrise de l'espace, même après cinquante ans d'activités.

On pourrait même conclure qu'au rythme où progresse la Chine depuis cinquante ans, elle ne sera pas sur la Lune avant un bon siècle – mais jamais d'ici dix ou vingt ans, comme elle l'annonce.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue, comme le relate d'ailleurs le documentaire d'ARTE, que la Chine se sert de son programme spatial comme d'un important outil de propagande, pour faire croire qu'elle est parvenue au même rang, ou presque, que les États-Unis et la Russie. Or, elle en est encore très loin d'être leur égal..., très, très loin même. Mais nous y reviendrons un jour.

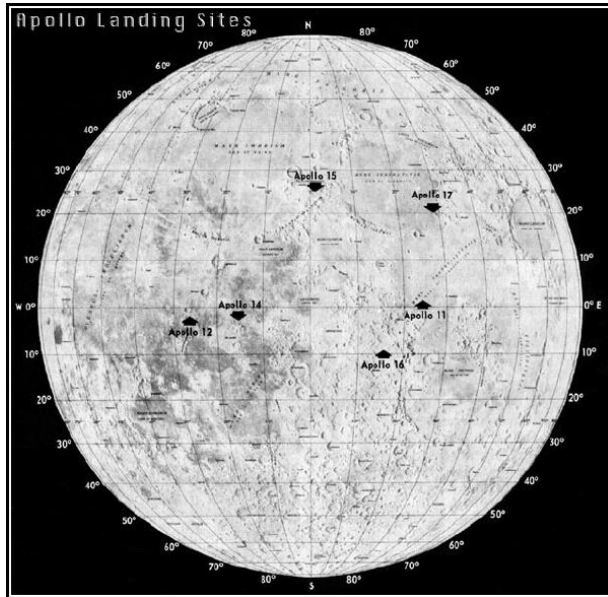
Conclusion

Le documentaire d'ARTE portait un titre assez judicieux: *La Lune, le huitième continent*. Connait-on assez bien ce huitième continent?

C'est en effet un très bon titre puisque la superficie totale de la surface lunaire correspond à celle de toutes les terres immergées de notre planète. Or, dans le

cadre du programme Apollo, nous n'avons exploré que six plaines qui se trouveraient en «Amérique du nord», puisque toutes se

situaient dans l'hémisphère Nord de la face visible de la Lune.



Les six sites lunaires explorés du temps d'Apollo.

Mais nous n'avons à peu près pas exploré l'hémisphère sud de la face visible ni la face cachée, ni le pôle sud et nord, etc. Et puisqu'il n'est pas facile de se poser sur la Lune, nous avons toujours visé des régions faciles d'accès. Nous n'avons pas encore exploré les cratères de la Lune, ni les régions montagneuses, les vallées, les crevasses, etc.

Bref, nous sommes encore très loin d'avoir exploré l'essentiel de ce huitième continent. En fait, à l'heure actuelle, nous connaissons mieux la planète Mars que notre voisine lunaire!

Dans tous les projets qu'on nous présente, on parle beaucoup du jour où on installera des bases sur la Lune. Mais puisque nous sommes loin d'avoir exploré ce huitième continent, n'est-ce

pas un peu tôt pour songer à s'installer en un endroit précis?

Absolument! Il me semble évident qu'avant de songer à installer quelque part sur la Lune une base habitée, il nous faudra d'abord apprendre à connaître en détail l'ensemble du continent lunaire.

De fait, il nous faut ausculter pratiquement tous les recoins de la Lune avant de décider quel serait le meilleur endroit pour s'y installer. Car c'est seulement après avoir exploré l'ensemble des cratères, des montagnes, des plaines, des vallées et des crevasses, ainsi que des pôles, qu'on saura vraiment à quoi s'en tenir au sujet de notre satellite naturel et, surtout, qu'on aura déterminé le meilleur endroit où installer une base lunaire. Ce n'est alors seulement qu'on saura de quelle façon et à quel point la Lune peut nous être utile et intéressante.

C'est dire que tous les beaux projets de bases lunaires qu'on nous fait miroiter sont, à mon avis, très prématurés. On nous vend du rêve... un rêve prématuré.

On a donc devant nous de longues années d'étude et de recherche, qui seront réalisées par une multitude de robots, avant d'y envoyer à nouveau des humains, n'est-ce pas?

Pour sûr, l'étude scientifique de la Lune fait beaucoup moins rêver que d'y envoyer des humains, mais elle coûte infiniment moins cher. Et c'est seulement après avoir exploré de fond en comble la Lune qu'on pourra décider des véritables raisons pour lesquelles on y enverra vivre des hommes et des femmes.

*** Fin ***