

**VOYAGE
DANS
L'ESPACE**

Épisode

21

QUELLES TRACES LAISSERONS-NOUS?



Des soupçons d'éternité...

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, TASS/Novosti, Intelsat.

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

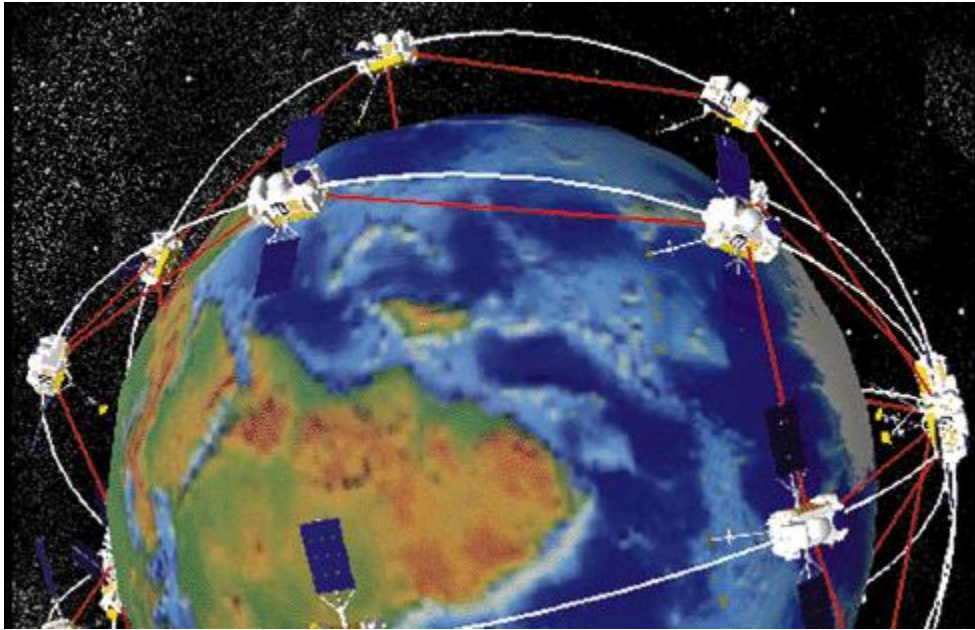
Courriel: claudio-lafleur1@videotron.ca

© 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 978-2-923275-46-8 (pdf)
ISBN 978-2-923275-47-5 (kindle)
Dépôt légal: Bibliothèque du Canada, 2018



Quelles traces laisserons-nous?

Écoutez ce balado diffusé le 18 novembre 2018.

Dans notre balado précédent, intitulé *Voyage dans l'espace au cinéma*, nous avons analysé le film *Interstellar* qui, entre autres, véhicule l'idée très répandue voulant que l'humanité soit condamnée à disparaître prochainement. Non, nous ne reviendrons pas sur la pertinence ou non de cette idée mais nous nous poserons plutôt la question: et si notre civilisation devait disparaître un jour, quelles traces laisserions-nous?

Or, on peut imaginer qu'on laissera dernière nous quantité de traces sur Terre, mais il est difficile de spéculer lesquelles selon ce qui emporterait notre civilisation: changements climatiques, grands cataclysmes, anéantissement nucléaire ou quoi d'autres encore?

Par contre, on peut d'ores et déjà affirmer que, peu importe la façon dont nous pourrions disparaître — et ce n'est ici que pure hypothèse —, on laissera quantité de traces de notre passage... *dans l'espace!*

En effet. Peut-être serez-vous étonné, ou ravi, d'apprendre que, quoi qu'il

advienne (qu'on disparaisse ou non), on laissera une multitude de traces de notre présence un peu partout dans l'espace. Et peut-être plus étonnant encore: plusieurs de nos traces seront encore très présentes... dans des milliards d'années!

Ainsi, plusieurs des satellites et sondes spatiales que nous avons lancés dériveront dans l'espace pour l'éternité — si une telle chose existe.

Et si la plupart des satellites que nous plaçons autour de la Terre finissent par retomber et se désintégrer dans l'atmosphère, certains ont été placés si haut qu'ils y demeureront éternellement.

Thème 1

Nos premiers messagers

Depuis le début de l'ère spatiale, nous avons lancé plus de 9 300 satellites, sondes planétaires et vaisseaux habités. Comme nous l'avons relaté dans notre balado sur *Les Satellites militaires*, la plupart des satellites nous rendent de précieux services (télécommunication, météo, GPS...) ou observent la Terre à des fins civiles et militaires. Ils assurent ainsi notre confort, la paix dans le monde et notre sécurité.

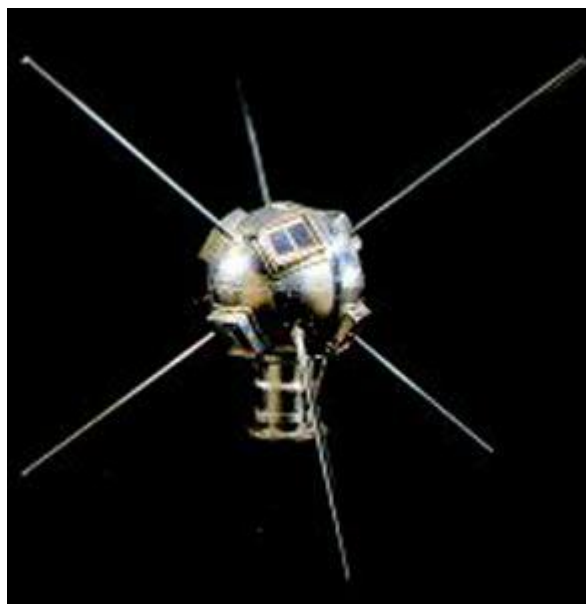
Si la majorité d'entre eux finissent par brûler dans l'atmosphère, un certain nombre demeurent longtemps en orbite, à commencer par l'un des tout premiers, Vanguard 1, lancé cinq mois seulement après le fameux Spoutnik du 4 octobre 1957. (Ce dernier s'est consumé dans l'atmosphère trois mois après son lancement.)

Il s'agit en effet du deuxième satellite orbité par les Américains, le 17 mars 1958. Vanguard 1 est une minuscule sphère, de 16 centimètres et demi et ne pesant qu'un kilo et demi. Il a été placé sur une orbite dont l'altitude variait au départ de 650 à 4000 kilomètres – altitude où il y a trop peu de molécules d'air pour lui faire perdre de la vitesse et, par le fait même, de l'altitude.

Et tandis que les célèbres Spoutnik soviétiques et Explorer américains lancés au début de l'ère spatiale se sont désintégrés dans l'atmosphère après quelques mois ou années seulement, Vanguard 1 continuera de graviter autour de la Terre durant encore plusieurs siècles.

La question qu'on pourrait cependant se poser est: étant donné la minuscule taille de ce satellite, sera-t-on un jour en mesure de le repérer... pour éventuellement le ramener sur Terre? Repérer un

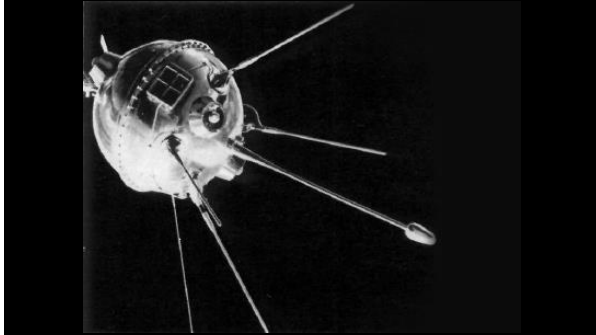
objet d'aussi petite taille dans l'espace est-ce possible?



Le petit satellite Vanguard 1, la relique de 16 cm seulement, de tous nos satellites.

Dans le même esprit, les Soviétiques ont lancé le 2 janvier 1959 la première sonde interplanétaire, surnommée Lunik 1. Après être passée à 6000 km de la Lune – réalisant par le fait même une grande première spatiale –, Lunik 1 a poursuivi sa route pour se placer en orbite autour du Soleil – réalisant une autre grande première spatiale.

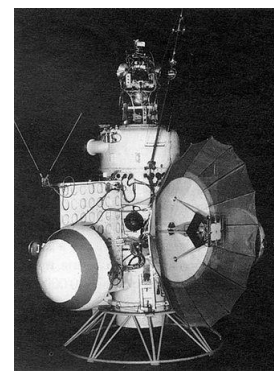
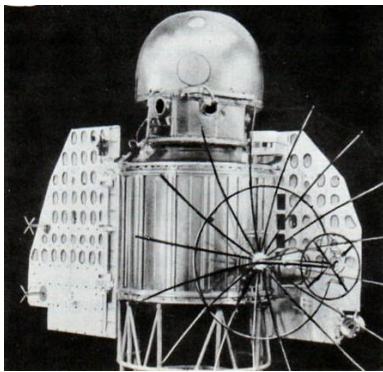
En effet, cette sonde est ainsi devenue le premier objet de fabrication humaine à échapper à la gravité terrestre et à devenir une planète artificielle – une planète, comme la Terre, mais de fabrication humaine.



Luna 1, notre première planète artificielle ne mesure que 1,2 mètre de diamètre.

Depuis ce jour, on a placé plusieurs dizaines de petites planètes artificielles autour du Soleil, notamment, dans les années 1960-70, les sondes Mariner, Mars et Vénéra qui ont d'abord réalisé de brefs survols de Mars et de Vénus, avant de se mettre à dériver autour du Soleil. Ces épaves graviteront autour du Soleil aussi longtemps que le Système solaire existera.

Mais la même question se pose à leur sujet que pour Vanguard 1, étant donné leur petite taille (de quelques mètres tout au plus): saura-t-on un jour les repérer pour les récupérer?



Sondes Vénéra, Mariner et Mars qui, après avoir survolé Mars ou Vénus, dérivent à présent en orbite autour du Soleil.

Thème 2

Nos premiers messagers interstellaires

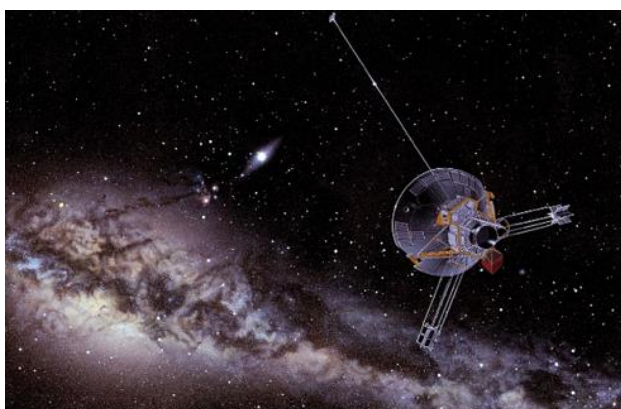
Il y a donc un certain nombre de satellites et de sondes planétaires qui demeureront à jamais dans l'espace (à moins qu'on aille les chercher). Mais on a aussi lancé cinq sondes qui sont en chemin pour quitter le Système solaire. (Sauriez-vous les nommer?) Il s'agit de nos premiers *messagers interstellaires*.

Nos deux premiers messagers interstellaires, ce sont les sondes Pioneer 10

et 11, lancées en 1972 et 1973 en direction des planètes Jupiter et Saturne. Il

s'agit des engins qui portait la fameuse «carte postale» sur laquelle étaient représentés un homme et une femme nus (et dont on a parlé dans notre balado *Le jeu des dates*). Ces sondes poursuivent aujourd'hui leur route vers les confins du Système solaire.

Les derniers signaux radio qu'on a reçu de Pioneer 10 remontent à 2003, alors que la sonde se trouvait à 12 milliards de kilomètres de nous (soit 80 fois



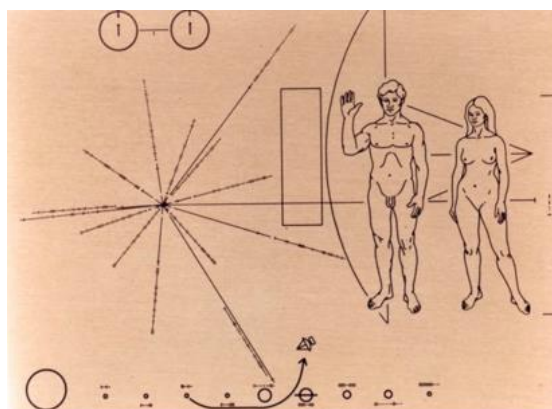
L'une des deux sondes Pioneer «perdue» dans l'espace et la fameuse «carte postale».

C'est aussi le cas des deux célèbres sondes Voyager. Lancées en 1977, Voyager 1 et 2 sont maintenant rendues, après 41 ans de vol, respectivement à 22 et à 18 milliards de kilomètres de nous (ce qui correspond à 144 et à 119 fois la distance Terre-Soleil).

Fait remarquable: nous sommes toujours en contact radio avec ces deux sondes. Un signal radio (filant à la vitesse de la lumière) depuis Voyager 1 prend maintenant vingt heures à nous parvenir, tandis qu'une émission en provenance de Voyager 2 en demande seize heures trente. Autrement dit, après 41 ans de voyage interplanétaire, nos deux sondes se trouvent à moins d'une *journée*-lumière de nous! (Tandis que les plus pro-

la distance Terre-Soleil). La sonde se dirige en direction de l'étoile Aldébaran, située à 68 années-lumière. En principe, elle mettra deux millions d'années pour parvenir dans les parages de celle-ci.

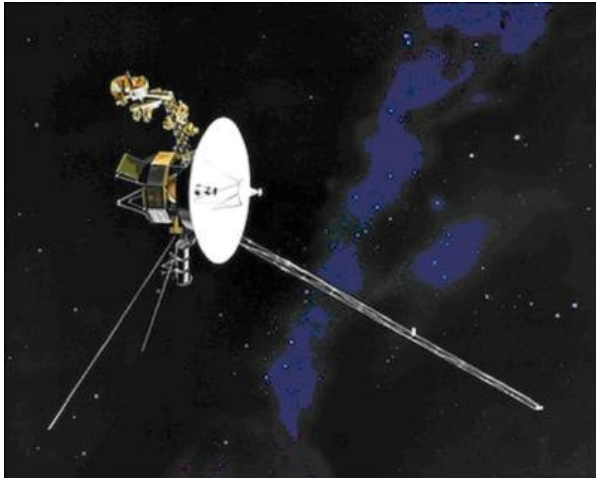
Quant à Pioneer 11, dont les derniers contacts radios remontent à novembre 1995, elle a pris la direction de la constellation de l'Aigle et devrait passer dans les parages d'une étoile dans 4 millions d'années.



ches étoiles sont à des *années*-lumière de nous.)

Lorsqu'on y songe, on a ici affaire à un double prodige technologique. D'une part, ces robots ont été construits il y a plus de quarante ans mais ils fonctionnent toujours. (Combien de nos machines terrestres fonctionnent encore après 40 ans?!) D'autre part, malgré leur formidable éloignement – plus de cent fois la distance Terre-Soleil – on continue de les suivre à la trace et de communiquer avec elles.

Soulignons au passage qu'un [site web](#) de la NASA nous permet de suivre, de minute en minute, le déplacement des Voyager à travers le Système solaire. Amusant à voir.



Une sonde Voyager filant dans l'espace profond.

Mentionnons également la sonde New Horizons, dont on a parlé plusieurs fois ici et qui, elle aussi, se dirige vers les espaces interstellaires. Elle est actuellement à 6,5 milliards de kilomètres de nous (c'est-à-dire à 43 fois la distance Terre-Soleil) – seulement –, en route vers l'objet MU69 Ultima Thulée, qu'elle survolera le 1^{er} janvier prochain.

Il s'agit ici de nos premiers ambassadeurs destinés à sortir du Système solaire. Mais leur petite taille (de quelques mètres seulement) les rend extrêmement difficiles à repérer dans l'immensité des espaces interstellaires. Quelqu'un – nos lointains descendants ou des «extraterrestres» – les repèreront-ils un jour? (C'est peu probable... mais ça fait rêver.)

Incidemment, dans le premier film de la série des *Star Trek*, projeté en salle en 1979, on a fait un beau clin d'œil du genre puisque l'équipage de l'*USS Enterprise* découvrait, à son grand étonnement, la sonde Voyager 6 «lancée à la fin du 20^{ème} siècle»!

Il n'en reste pas moins que ces Vanguard, Lunik, Pioneer et Voyager témoigneront *longtemps* de notre existence, telles les traces, parfois infimes, laissées par les anciennes civilisations et qu'on retrouve avec intérêt un peu partout sur Terre.

Thème 3

Le plus fabuleux musée spatial

Nombreux sont ceux et celles qui sont fascinés par les momies égyptiennes ou d'Amérique centrale – ces humains qui ont vécu il y a des milliers d'années et dont les corps ont été préservés, parfois de manière accidentelle ou naturelle mais souvent de façon artificielle. De même, la découverte de navires en bois datant de plusieurs siècles ou millénaires enfouis quelque part nous fascine tous. Ces découvertes réjouissent également les chercheurs, car elles en révèlent beaucoup sur le mode de vie de nos lointains ancêtres.

On peut se demander ce qui restera de nous dans quelques siècles ou millénaires. Que restera-t-il de nos machines et de nos merveilles électroniques?

Se seront-elles oxydées et désintégrées dans l'environnement?

Par contre, il existe un endroit fascinant dans l'espace où, mine de rien, nous

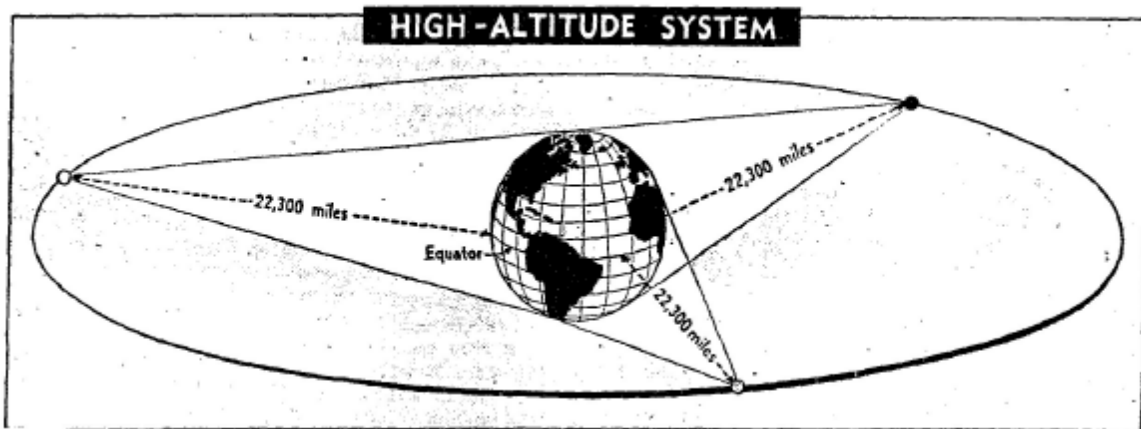
sommes en train d'accumuler un formidable coffre aux trésors de merveilles technologiques. Il s'agit des satellites qu'on place en orbite géostationnaire.

On parle ici de l'orbite située à 36 000 kilomètres d'altitude sur laquelle on positionne quantité de satellites de télécommunication. Pour le moment, il s'agit d'un endroit trop éloigné de nous pour qu'on puisse y envoyer des équipages en navette spatiale. Mais on peut imaginer que dans quelques décennies, l'orbite géostationnaire deviendra accessible aux astronautes... et qu'on y fera alors des trouvailles intéressantes.

Ce qu'il y a de singulier sur cette orbite, c'est le fait que les satellites placés

à 36 000 kilomètres d'altitude prennent 24 heures pour faire le tour de la Terre. Or, comme la Terre tourne sur elle-même en 24 heures, ces satellites paraissent fixes vus du sol.

On qualifie cette orbite très particulière d'orbite géostationnaire, l'union de «géo», qui signifie Terre, avec le qualificatif stationnaire. On parle aussi parfois de l'orbite de Clarke, en l'honneur du célèbre auteur d'anticipation Arthur C. Clarke qui a lancé l'idée, en 1945, d'utiliser des satellites fixes, placés à 36 000 kilomètres d'altitude, pour assurer des services de communication, de météorologie et d'observation de la Terre.

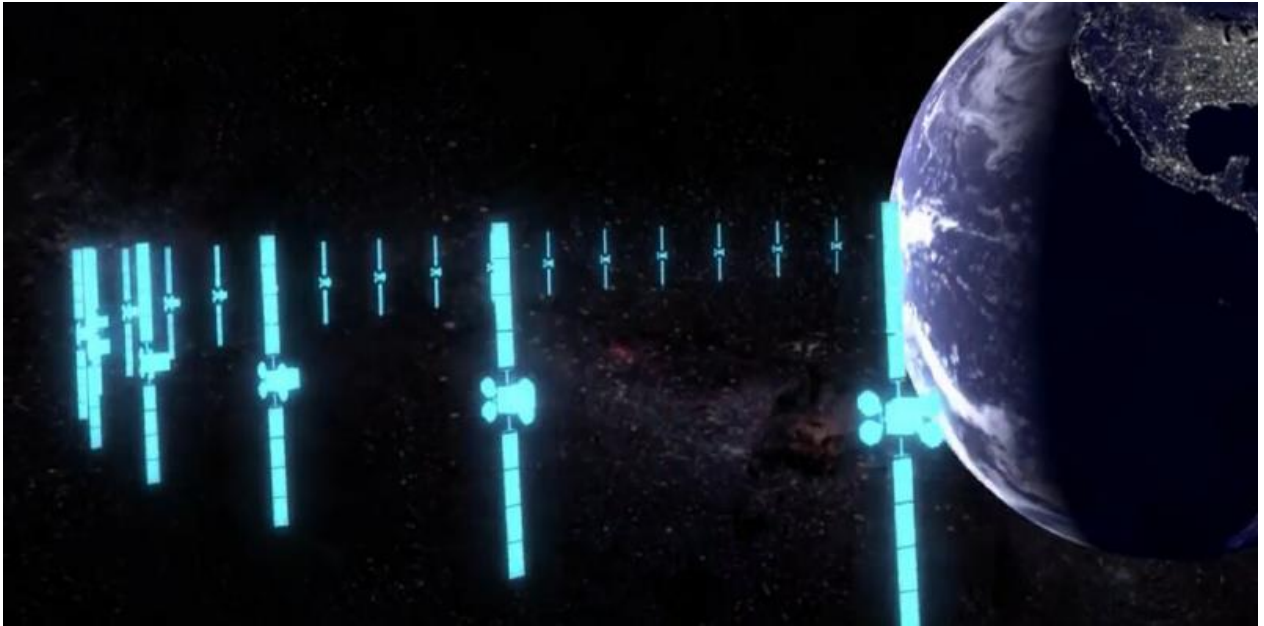


Trois satellites répartis en orbite géostationnaire peuvent desservir toute la Terre à des fins de télécommunication, de météorologie ou de surveillance civile ou militaire.

Depuis 1963, nous avons placé plus d'un millier de satellites sur orbite géostationnaire. Dans la majorité des cas, il s'agit de satellites de télécommunication qui agissent comme des tours de retransmission, semblables aux tours de retransmission dont se servent nos téléphones cellulaires et qu'on voit un peu partout autour de nous. Toutefois, dans le cas des satellites de télécommunication, il s'agit de «tours de retransmission» hautes de 36 000 kilomètres! Si haut perché, un

seul satellite assure les services de communications téléphoniques, de télédiffusion des canaux de télé, de services Internet, etc., pour tout un hémisphère.

On place également sur orbite géostationnaire des satellites météo qui surveillent d'un coup tout un hémisphère. On y positionne également divers satellites militaires, notamment ceux qui surveillent le tir de missiles et de fusées ainsi que les explosions nucléaires (comme



Constellation de satellites de télécommunication Intelsat en orbite géostationnaire.

nous en avons parlé dans notre balado sur *Les Satellites militaires*).

Or, ce qui est remarquable à propos de l'orbite géostationnaire, c'est le fait que tous les satellites qui y sont placés demeureront «éternellement» dans l'espace ou, du moins, pour des milliards d'années.

Et surtout, contrairement au satellite Vanguard, à la sonde Lunik et aux Pionner et Voyager – qui seront extrêmement difficiles à repérer –, les satellites géostationnaires seront toujours faciles à localiser puisqu'ils décrivent une orbite circulaire située le long de l'équateur terrestre. On saura donc toujours aisément où les retrouver.



La société Intelsat positionne une quarantaine de satellites actifs en orbite géostationnaire, au-dessus de l'équateur, afin de desservir toute la planète en services de télécommunication.

On peut donc imaginer que, dans un avenir pas si lointain, les «archéologues du futur» pourront aller les inspecter, sinon même en récupérer quelques-uns

pour les ramener sur Terre – comme on récupère les momies et les navires de l'Antiquité qui alimentent la curiosité des chercheurs comme du grand public.

C'est ainsi que nous sommes en train de constituer un véritable «musée archéologique de haute technologie», c'est-à-dire un formidable étalage de l'évolution de nos technologies puisqu'il y en a qui remontent aux années 1960 jusqu'aux plus récents. Nos descendants auront donc le loisir d'apprécier comment nos technologies ont évolué au fil des décennies, sinon même des siècles.

Et puisqu'on y trouve des satellites américains, russes, européens, chinois, japonais, indiens, etc., il sera aussi très intéressant de comparer l'évolution des technologies pour chacun de ces pays et au fil du temps. Qui plus est, l'orbite géostationnaire recèle des satellites militaires ultrasecrets (américains, russes et chinois). Ainsi, découvrira-t-on un jour des secrets jalousement gardés pour le moment. (Voir exemples page suivante.)

Et dans quel état de conservation seront ces satellites qui auront passé des décennies, voire des siècles dans l'espace?

Dans un très bon état, nettement mieux en tout cas que les momies et les navires qu'on déterre ici et là par hasard.

Étonnamment, si l'espace est un milieu rigoureux, à cause des extrêmes de température et de radiation qui y règnent, nos satellites se conserveront cependant fort bien. Ils sont certes soumis à un bombardement de micrométéorites, mais celui-ci les endommagera relativement peu ou, du moins, nettement moins que les conditions qu'on retrouve sur Terre. C'est dire que nos satellites qui auront passé des siècles dans l'espace devraient être dans un bel état de conservation... même dans quelques millénaires.

Mais à la longue, l'orbite géostationnaire ne risque-t-elle pas d'être encombrée par la présence de milliers et de milliers de satellites?

C'est en effet une préoccupation qui inquiète beaucoup les utilisateurs de l'orbite géostationnaire. Ceux-ci prennent d'ailleurs des mesures afin d'y remédier. C'est ainsi qu'une fois qu'un satellite a rempli sa mission – souvent au bout de quinze ou vingt ans –, on l'expédie sur une orbite un peu plus haute, d'où il demeurera intact éternellement.

Y a-t-il d'autres satellites qu'on pourra un jour examiner ou récupérer?

Oui, il existe une autre orbite où on retrouve un type très particulier de satellites; il s'agit de nos satellites de navigation qui sont placés à 20 000 kilomètres d'altitude. Ces satellites assurent le fameux service GPS que tout le monde utilise pour savoir où on se trouve et où on se dirige.

Or, à l'altitude de 20 000 kilomètres, ces satellites demeureront des milliards d'années dans l'espace. Ils forment ce qu'on appelle des «constellations de satellites», c'est-à-dire que des dizaines de satellites GPS sont espacés régulièrement en orbite afin d'assurer une couverture globale de la planète, d'un pôle à l'autre et pour n'importe quels continents et océans.

Fait intéressant: sur cette orbite, on retrouve non seulement les satellites de navigation américains Navstar (qu'utilisent nos récepteurs GPS), mais également les constellations de d'autres pays, dont les GLONASS russes, les Galileo européens, les Beidou chinois et leurs homologues japonais et indiens.

Exemple de satellites en orbite géostationnaire



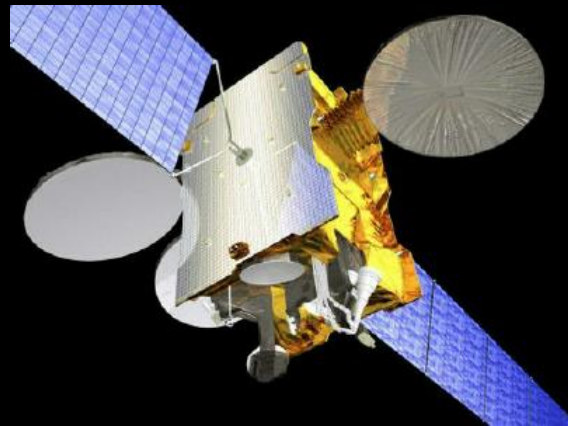
Satellite de communication Intelsat.



Satellite de communication européen Astra.



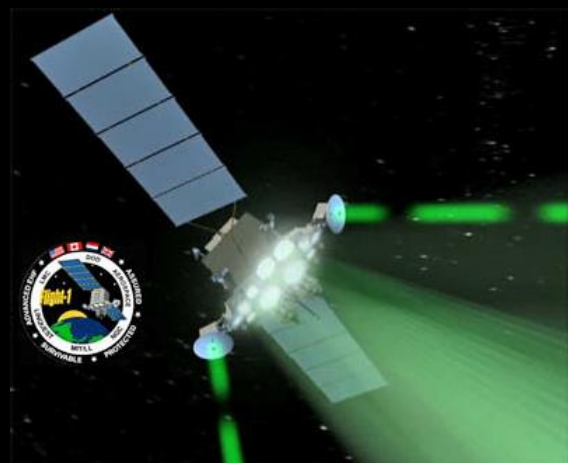
Satellite de communication indien Insat.



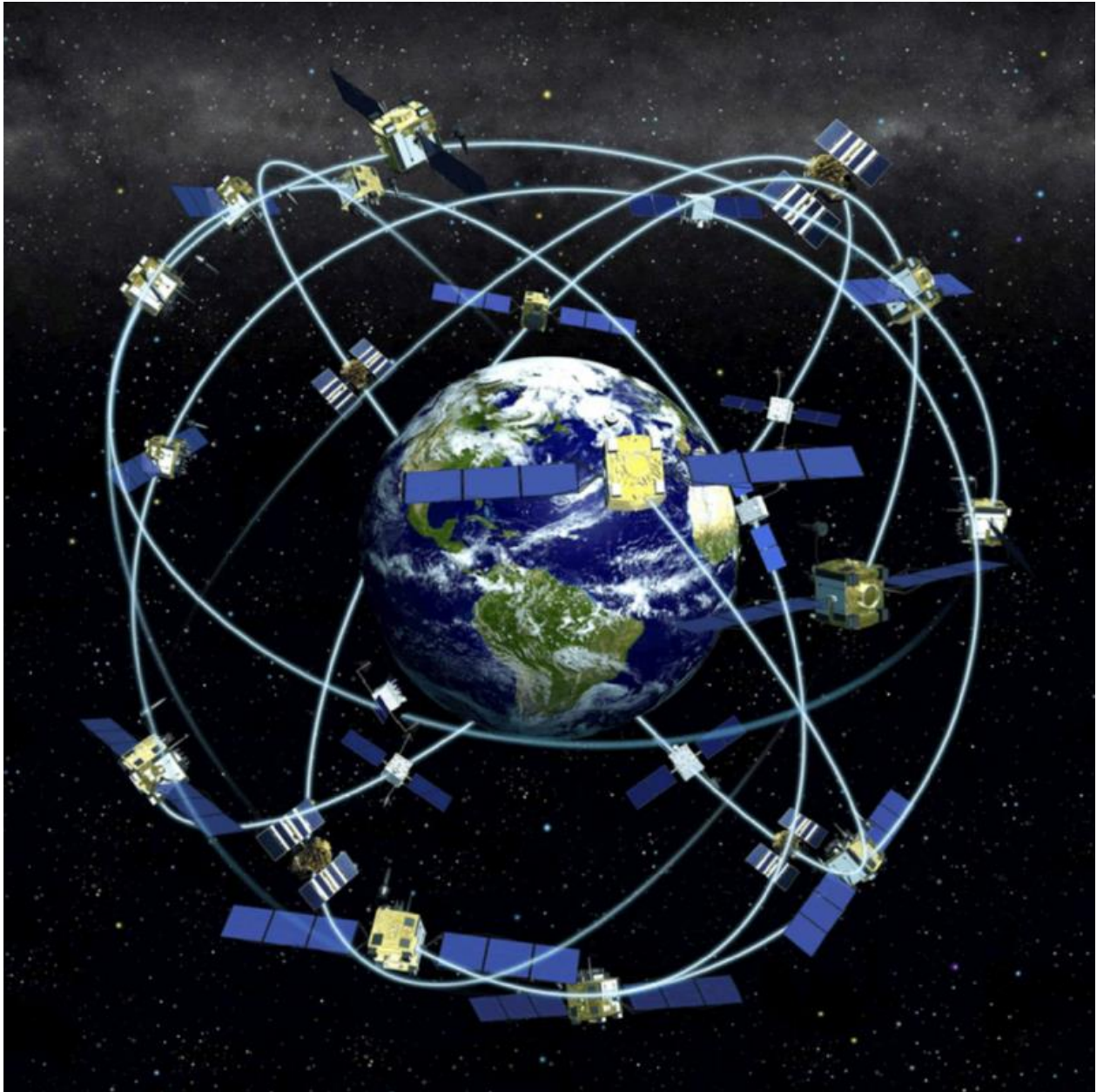
Satellite de communication canadien Anik.



Satellite météo américain GEOS.



Satellite militaire américain AEHF.



Constellation de satellites de navigation placée à 20 000 kilomètres d'altitude et desservant la Terre d'un pôle à l'autre.

Les satellites d'une même constellation étant éventuellement remplacés par des satellites dernier cri, leur nombre croît progressivement. C'est ainsi qu'un jour, les archéologues du futur pourront comparer les technologies des uns et des autres et suivre leur évolution.

En qu'en est-il des autres satellites, ceux placés sur orbite plus basse?

La majorité des centaines de satellites qu'on lance chaque année gravite sur des orbites à moins de mille kilomètres. Or, à cette altitude, il y a suffisamment de molécules d'air pour ralentir la vitesse des satellites, et donc pour leur faire perdre de l'altitude jusqu'à ce qu'ils plongent dans l'atmosphère. C'est donc dire que la majorité des satellites qu'on

lance sont condamnés à retomber au fil du temps.

Ce serait d'ailleurs le cas de la Station spatiale internationale, dont les premiers éléments ont été lancés il y a tout juste vingt ans. Normalement, la station serait retombée sur Terre depuis belle lurette si on ne remontait pas régulièrement son altitude à l'aide de moteurs-fusée.

Il y a, en terminant, un satellite très particulier: le fameux télescope spatial Hubble. Ce satellite a été placé sur une orbite moyennement haute, dans les 600 kilomètres, et est par conséquent appelé à retomber sur Terre éventuellement.

Hélas oui. Or, considérant la révolution astronomique qu'a engendrée Hubble depuis son lancement en 1990, il s'agit de l'un des plus importants instruments scientifiques de tous les temps. D'un point de vue historique, ce télescope se compare à la fameuse lunette astronomique que Galilée a pointée vers le ciel, pour la première fois en 1610, déclenchant l'une des plus importantes révolutions scientifiques et sociales de tous les temps.

Si on en avait les capacités, Hubble mériterait pleinement, une fois sa mission complétée (dans quelques années), qu'on aille le récupérer pour le ramener sur Terre et le placer dans un musée. Hélas, pour ce faire, on aurait besoin de la Navette spatiale de la NASA... qui n'existe plus. Et malheureusement, il n'existe aucun véhicule à l'heure actuelle capable d'aller chercher Hubble. Espérons que ce satellite demeurera en orbite suffisamment longtemps – encore plusieurs décennies –, le temps qu'on développe à nouveau la navette requise.

Et qu'en est-il des autres télescopes, notamment de Kepler et de TESS (dont on a déjà parlé)?

Comme nous l'avons déjà rapporté, le télescope Kepler a révolutionné nos connaissances au sujet des planètes qui gravitent autour des autres étoiles. Lancé en 2009, il vient justement de rendre l'âme. Or, Kepler a été placé sur une orbite autour du Soleil, ce qui lui assure l'«éternité».

Quant à TESS qui, depuis cet été, a pris la relève de Kepler, il est en orbite terrestre très haute puisqu'il navigue entre la Terre et la Lune. Il devrait donc demeurer là-haut très longtemps...

Thème 4

Ce qu'on a laissé derrière nous sur les planètes

Si on a placé nombre de satellites et de sondes interplanétaires qui demeureront éternellement dans l'espace, qu'en est-il des traces laissées par les

astronautes qui ont marché sur la Lune et par nos sondes qui se sont posées sur Mars? Retrouvera-t-on leurs traces dans plusieurs siècles?

Sur la Lune, tout à fait. Sur Mars, plus ou moins...

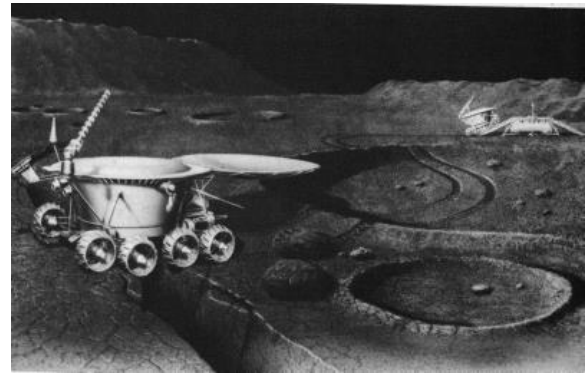
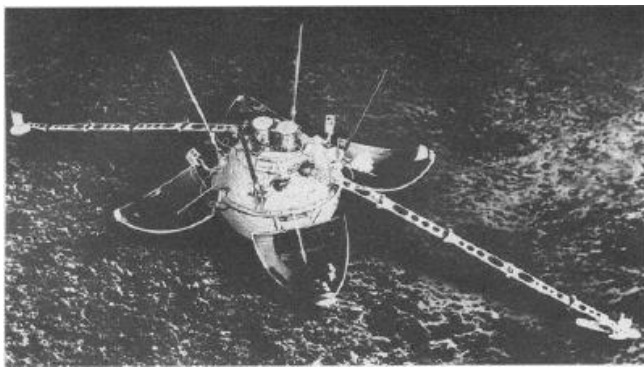
En fait, puisque la Lune n'est entourée d'aucune atmosphère et qu'elle est très sèche, il n'y a donc pratiquement aucun mécanisme d'érosion à l'œuvre (contrairement à ce qui se passe sur Terre). Nous disons «pratiquement» puisque la chute des micrométéorites use peu à peu le sol, mais infiniment moins que l'érosion sur Terre.

Ainsi, les traces de pas qu'ont laissé derrière eux les astronautes d'Apollo demeureront intactes durant des siècles, voire des millénaires... à moins que nos «petits enfants» n'aillent un jour les piétiner! C'est dire que les sites d'atterrissage des six missions Apollo demeureront encore très longtemps – pour des millénaires – tels qu'ils étaient au moment où les astronautes les ont quittés.

Incidentement, l'une des caractéristiques de la Lune, c'est d'être un formidable laboratoire de conservation, c'est-

à-dire que les sites qu'ont exploré les astronautes d'Apollo – de même que ceux qu'on explorera éventuellement – n'ont guère changé depuis des centaines de millions d'années. C'est là l'une des bonnes raisons pour explorer notre satellite naturel: tandis que la surface terrestre est constamment remodelée par les phénomènes météo et climatiques – ainsi que par l'érosion, le volcanisme et les tremblements de terre –, la Lune, elle, demeure pratiquement inchangée.

Et outre les six sites explorés par les astronautes d'Apollo, on trouvera sur la face visible de la Lune un certain nombre de sondes Luna (soviétiques) et Surveyor (américaines) qui s'y sont posées en douceur dans les années 1960-70. On trouvera également les deux astromobiles soviétiques Lunakhod qui se sont promenées sur la Lune dans les années 1970; les traces de roues de leur parcours paraîtront aussi clairement que le jour où elles ont été faites.



À gauche, une sonde Luna soviétique qui repose sur la Lune depuis cinquante ans.
À droite, l'une des deux astromobiles Lunakhod qui a exploré la Lune dans les années 1970.

Dans le cas de Mars, c'est différent puisqu'il y a une atmosphère et un certain nombre de phénomènes climatiques (dont des tempêtes de sable). Bien que l'atmosphère martienne soit cent fois plus ténue que la nôtre et que la planète soit très sèche, il y a tout de même une cer-

taine érosion à l'œuvre. Ainsi, d'éventuelles traces de pas laissées par des astronautes s'effaceront... lentement mais sûrement.

Il y a une quarantaine d'années, en 1976, les sondes Viking Lander 1 et 2 ont été les premières à se poser en douceur sur le sol rouge. Sans doute pourrait-on

les retrouver à peu près intactes, sauf qu'elles pourraient se trouver plus ou moins ensevelies sous le sable martien. De même, on pourra retrouver ici et là les

sondes qui s'y sont posées depuis vingt ans, dont les quatre astromobiles. Mais au fil des siècles, ceux-ci risquent d'être ensevelies sous le sable martien.



A l'été 1997, la sonde Pathfinder (à gauche) a déposé sur Mars le petit astromobile Sojourner (à droite); tous deux reposent maintenant dans le sable rouge, qui les enterre progressivement.

Le temps est donc compté – en termes de décennies – si on veut les retrouver. Et qu'en est-il des autres planètes? Retrouvera-t-on de nos traces sur Vénus, Mercure, Jupiter, Saturne...?

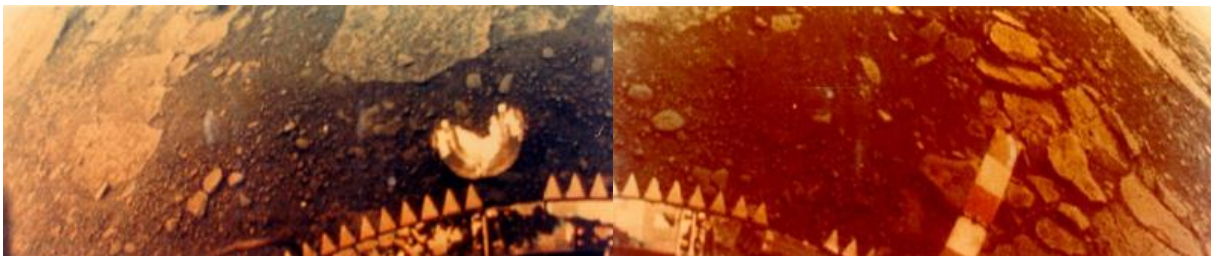
Dans les années 1970-80, les Soviétiques sont parvenus à faire se poser sur Vénus six sondes Vénéra qui nous ont transmises des informations durant quelques heures.

Il faut dire que sur Vénus, les conditions environnementales sont atroces. L'atmosphère vénusienne, composée à 96% de CO₂, est cent fois plus dense que la nôtre (tout le contraire de Mars). Les températures y sont également torrides,

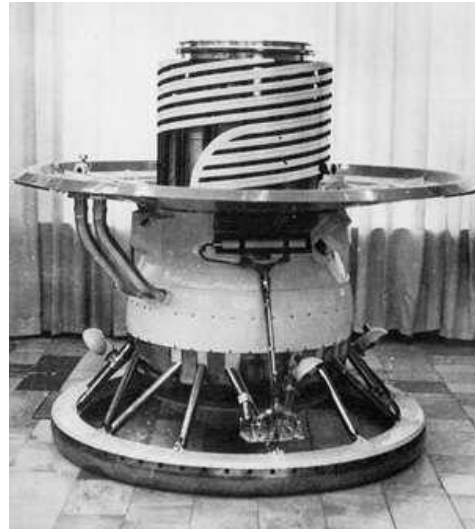
supérieures même à ce que vous pouvez obtenir dans le four de votre cuisinière portée à température maximale.

Dans ces conditions, on peut se demander ce qui restera des sondes Vénéra. Notons qu'étant donné les conditions rigoureuses qu'elles devaient affronter, ces sondes ont été construites très solidement, il s'agissait de véritables «chars d'assaut» planétaires. Mais comment résisteront-elles à l'environnement vénusien? Difficile à dire... mais ce serait intéressant de le savoir.

Par contre, hélas, comme les conditions sont infernales sur Vénus, on ne peut même pas envisager le jour où des astronautes fouleront son sol.



Surface de Vénus photographiée par la sonde soviétique Vénéra 13.



Deux exemples de «tanks» Vénéra conçus pour résister quelques heures seulement aux rigueurs de la planète Vénus. Dans quel état sont-ils... des décennies plus tard?

Retrouvera-t-on de nos sondes ailleurs dans le Système solaire, par exemple sur Mercure, Jupiter, Saturne ou ailleurs?

Dans le cas de Mercure, nous n’y avons pas encore fait se poser une sonde. Mais cette planète ressemblant assez à la Lune, si ce n’est des niveaux élevés de radiation et de température, les engins qu’on y enverra éventuellement pourraient demeurer intacts assez longtemps.

Quant à Jupiter et à Saturne, qu’on a explorées à l’aide des sondes Galileo et Cassini (placées en orbite autour de ces planètes), au terme de leur mission, elles ont été précipitées dans l’atmosphère de ces géantes gazeuses... où il n’en reste plus rien.

Par contre, le 14 janvier 2005, les Européens ont fait atterrir sur Titan la sonde Huygens. Et comme ce satellite naturel de Saturne comporte une atmosphère assez dense et bizarre (composée d’azote, les chimistes parlent plutôt de diazote, N₂) et où il y a des lacs de méthane, on peut se demander dans quel état subsistera la sonde.



Vue d’artiste de la sonde Huygens sur Titan.

On «sème» par ailleurs un peu partout de petites sondes sur divers astéroïdes et comètes. Pensons à Philae qui s’est posée intacte sur la comète Tchouri en 2015 et, très récemment, aux microsondes Minerva et MASCOT sur l’astéroïde Ryugu, et dont on a parlé dans notre balado sur l’*Automne planétaire* que nous vivons. L’environnement sur ces mini-planètes s’apparentant à celui de la Lune, on peut imaginer que ces petites sondes y demeureront très longtemps intactes.

Conclusion

Hormis les milliers de satellites et de sondes spatiales qu'on a lancés depuis soixante ans, on a aussi «pollué» l'environnement spatial avec quantité de déchets, notamment des étages de fusée porteuse et divers pièces de satellites. On laissera donc dernière nous, pour l'éternité peut-être, nos déchets spatiaux, n'est-ce pas?

Pas vraiment puisque l'une des belles caractéristiques de l'espace qui entoure la Terre, c'est sa tendance à se nettoyer par lui-même progressivement. C'est-à-dire que, comme la plupart des satellites qu'on lance finissent par se désintégrer dans l'atmosphère, il faut savoir que la

plupart de nos «déchets spatiaux» gravitent en deçà de mille kilomètres d'altitude. Ils finiront donc eux aussi par brûler dans l'atmosphère, la plupart au bout de quelques décennies, voire de quelques siècles tout au plus.

C'est dire que si nous cessions de lancer des satellites, l'espace circumterrestre finirait par devenir aussi «propre» qu'il l'était avant l'ère spatiale.

Il ne resterait alors de notre passage que nos satellites en orbite géostationnaire, nos satellites de navigation et les sondes qu'on a essaimées un peu partout à travers le Système solaire – somme toute, de beaux exemples de notre société technologique.



Nos pas sur la Lune demeureront visibles durant des millions d'années...