

**VOYAGE
DANS
L'ESPACE**

Épisode

25

À QUOI SERT L'ESPACE?



Vaut-il vraiment la peine de dépenser
des milliards dans l'espace?

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, Eumetsat, NOAA, Intel-sat,

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

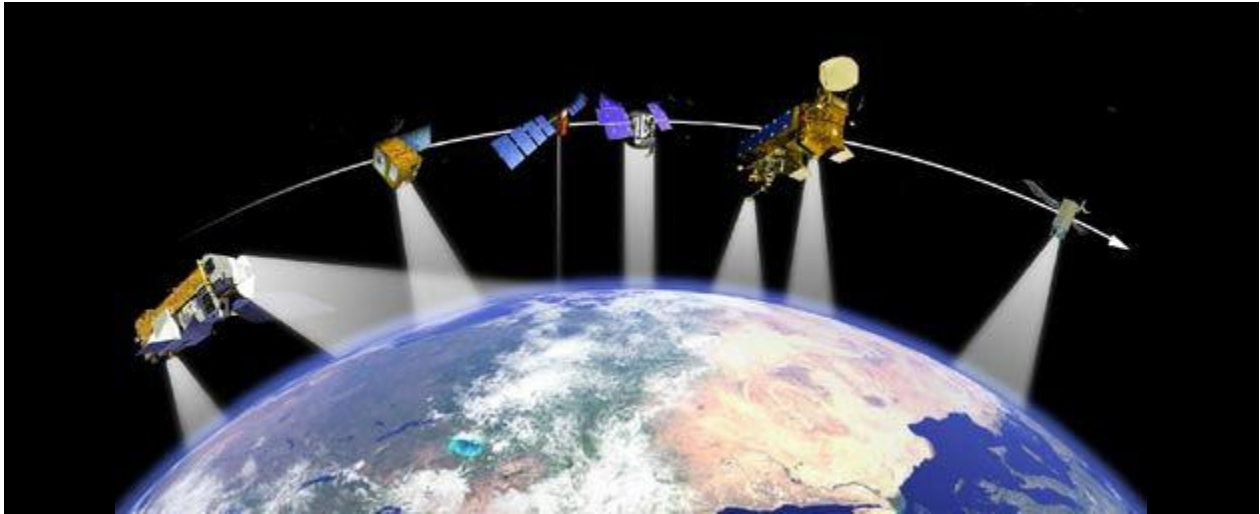
Courriel: claude-lafleur1@videotron.ca

© 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 978-2-923275-56-7 (pdf)
ISBN 978-2-923275-57-4 (kindle)
Dépôt légal: Bibliothèque du Canada,
2019



À quoi sert l'espace?

Vaut-il vraiment la peine de dépenser des milliards dans l'espace?

Écoutez la balado *À quoi sert l'espace*, diffusé le 24 février 2019.

En 2017, Claude a publié un livre intitulé *Sputnik @ 60* dans lequel il fait le bilan de soixante années d'exploration et d'exploitation de l'espace. Il cherchait en même temps à répondre à deux grandes interrogations: combien dépense-t-on dans l'espace et qu'est-ce que cela nous donne?

Claude, tu as écrit tout un livre pour répondre à ces deux questions... alors que tu nous livreras la réponse dans ce balado d'une heure? Quelle aubaine!

Depuis quarante ans, je me fais souvent demander: «À quoi ça sert d'aller dans l'espace? Ne devrait-on pas plutôt utiliser les milliards qu'on y dépense pour s'attaquer à nos problèmes sur Terre?», me lance-t-on, problèmes qui sont légion, à commencer par la faim dans le monde, la pauvreté et la misère humaine, les maladies et le vieillissement, la pollution et les dommages causés à l'environnement, etc.



Sputnik @ 60, disponible sur amazon.

Bien entendu, lorsqu'on me pose ces questions, on s'attend à ce que j'y réponde en deux minutes et que je donne une réponse éclairante. Or, justement, parce qu'il s'agit de grandes interrogations – je dirais même, de questions très pertinentes –, j'ai besoin d'un peu plus de temps... comme nous allons le prendre aujourd'hui.

Mais tu as eu besoin d'écrire un livre de 220 pages pour répondre à ces deux «questions très pertinentes»?!

En fait, dans mon livre *Spoutnik @ 60*, je réponds à bien plus qu'à ces deux questions puisqu'il faut d'abord savoir de quoi on parle au juste, à quoi servent les milliards qu'on dépense dans l'espace.

Dans la première partie du livre, je raconte les dix premières années de l'exploration de l'espace. Cela donne un récit palpitant qui, me semble-t-il, surprend

bon nombre de lecteurs et de lectrices, tant est nombreux et diversifié tout ce qu'on fait dans l'espace!

Ensuite, je retrace les grandes lignes de ce que nous avons accompli durant les cinquante années suivantes, un peu comme nous le faisons depuis un an dans notre série de balados *Voyage dans l'espace*, mais en abordant quantité d'aspects qu'on n'a pas encore couverts ici... Cela permet de faire le bilan de ce qu'on a acquis ces soixante dernières années grâce au spatial.

Enfin, dans la dernière partie du livre, je réponds directement à la question: vaut-il vraiment la peine de dépenser des milliards dans l'espace? En avons-nous pour notre argent? Ou aurait-il mieux valu consacrer ces milliards à nos problèmes terrestres?

Et c'est à ces questions que nous allons répondre aujourd'hui.

Thème 1

Combien dépense-t-on dans l'espace?

On rapporte généralement, sans trop savoir au juste, qu'on dépense «des milliards» dans l'espace. Est-ce une bonne approximation, une approximation qui reflète assez justement la réalité, ou pas du tout? S'agit-il de plus, ou de moins que «des milliards»?

Disons que ça peut aller comme approximation, même si, comme nous le verrons sous peu, les sommes qu'on consacre au spatial chaque année dépassent la centaine de milliards S/€.

Cependant, avant d'aller plus loin, j'aimerais corriger une erreur de perception que véhicule cette question: à savoir

qu'on dépenserait des milliards *dans l'espace*.

Or, en réalité, pas un sou n'est dépensé *dans l'espace*, mais bien sur Terre, en salaires versés à des centaines de milliers de travailleurs: techniciens qui fabriquent des composantes et des systèmes spatiaux (fusées, satellites, équipements au sol, etc.), ingénieurs qui conçoivent et opèrent

ces systèmes spatiaux, scientifiques qui recueillent et utilisent les données satellitaires, opérateurs de satellites qui les exploitent à des fins pratiques et commerciales (communication, observation de la Terre, navigation, etc.) et autres. De fait, la centaine de milliards consacrée à l'espace crée une activité économique qui est très rentable – d'un point de vue économique – comme nous le verrons.

Mais cela ne veut pas dire pour autant qu'il ne serait pas plus judicieux de consacrer cette centaine de milliards à des activités plus terre-à-terre, plus utiles, pour résoudre nos problèmes terrestres, n'est-ce pas?

Tout à fait, j'en conviens. Il nous faudra donc considérer à quoi au juste nous sert le domaine spatial, pour ensuite se demander s'il ne serait pas plus judicieux de consacrer nos ressources à d'autres activités... des activités plus valables sur Terre.

Mais avant d'aller plus loin, réglons d'abord la question de combien dépense-t-on en activités spatiales.

Justement: possède-t-on les chiffres qui nous permettent de répondre à cette question? Sait-on combien on dépense sur Terre pour nos activités dans l'espace?

Hélas non, mais on peut tout de même obtenir suffisamment de données pour

nous permettre de répondre assez justement à cette question.

Disons d'abord que si on connaît combien d'argent certains gouvernements consacrent au spatial – notamment ceux des États-Unis, d'Europe, du Japon et du Canada – on ignore combien la Russie et la Chine y allouent. Or, ces deux pays sont des acteurs majeurs du domaine.

C'est ainsi qu'on sait que le budget de la NASA s'élève à 20 milliards de dollars américains, auquel il faut ajouter les dépenses spatiales du Département de la Défense, qui avoisinent les 30 milliards. On peut donc considérer que les Américains allouent 50 milliards de dollars chaque année à leurs activités spatiales civiles et militaires.

On sait aussi que les États-Unis constituent le «gros joueur» dans ce domaine, celui qui dépense le plus... et de loin.

D'autre part, on estime que le budget de l'agence spatiale russe Roscosmos serait de l'ordre de 3 milliards, auquel il faut ajouter le budget spatial du ministère de la Défense russe (sans doute supérieur). Posons donc que les Russes dépensent quelque chose comme 8 milliards chaque année pour leurs activités spatiales civiles et militaires... Ce serait sensiblement la même chose du côté de la Chine: des dépenses spatiales qui s'élèveraient à quelque chose comme 8 milliards aussi.



Les logos des agences spatiales civiles américaine, russe, européenne et canadienne.



Les logos des agences spatiales française CNES, allemande DLR et italienne ASI (DLR: *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.*; ASI: *Agenzia Spaziale Italiana*).

Quant à l'Europe, on sait que l'Agence spatiale européenne, l'ESA, dispose d'un budget de 6,3 milliards de dollars, auxquels s'ajoutent les budgets spatiaux des différents pays. Ainsi, le budget de l'agence spatiale française CNES [«knesse»] est de 2,6 milliards, celui de l'Allemagne DLR de 2,5 milliards, 1,8 milliard pour l'Italienne ASI, etc.

Auxquels il faut ajouter, dans chaque cas, des budgets militaires. Par contre, il ne faut pas additionner toutes ces sommes puisqu'une bonne part des budgets civils des pays européens est remise à l'ESA. On pourrait donc estimer, disons, que grosso modo, l'Europe consacre une douzaine de milliards à ses activités spatiales.

Mais c'est tout de même un peu surprenant de songer que les États-Unis dépendent 50 milliards, la Russie et la Chine environ 8 milliards chacune et l'Europe 12 milliards...

Or, lorsqu'on sait l'ampleur des activités spatiales que mènent la Russie et la Chine, il me semble que leurs budgets devraient se comparer à celui des États-Unis et être nettement plus élevés que celui de l'Europe. En fait, l'Europe consacrerait 50% plus d'argent à l'espace que la Russie et la Chine! Étonnant tout de même.

Très juste observation. On voit là apparaître l'un des problèmes qu'on ren-

contre lorsqu'on cherche à déterminer le total des sommes dépensées par différents pays dans un domaine. Le problème, c'est qu'il en coûte beaucoup plus cher pour réaliser certaines activités aux États-Unis et en Europe qu'en Russie et en Chine, et ce pour la simple raison que les travailleurs, ingénieurs et scientifiques russes et chinois ne sont pas payés au même niveau que leurs confrères américains et européens.

Le fait est qu'il en coûte beaucoup moins cher de lancer une fusée russe ou chinoise qu'américaine ou européenne. On peut même dire qu'il en coûte de cinq à dix fois plus cher aux États-Unis et en Europe pour réaliser la même chose qu'en Russie et en Chine. C'est ainsi que si le personnel russe et chinois était payé au même niveau que leurs homologues occidentaux, les budgets spatiaux de ces deux pays seraient plus ou moins comparables à celui des États-Unis.

C'est ce qu'on appelle le pouvoir d'achat et le coût de la vie, qui diffèrent d'un pays à l'autre.

Exactement, et c'est l'un des principaux facteurs qui rend très périlleux notre tentative de déterminer combien on dépense en activités spatiales pour l'ensemble du monde en une année. Mais n'oublions pas qu'on cherche ici à établir un *ordre de grandeur*, pour savoir de «quoi

on parle au juste» et si ça vaut la peine de consacrer autant d'argent au spatial.

Il y aussi le Japon, dont le budget civil s'élève à 2 milliards, ainsi que l'Inde, 1,7 milliard, auxquels s'ajoutent des budgets militaires. Qu'en est-il du Canada?

Le budget de l'Agence spatiale canadienne est de 300 millions \$ canadiens par année (~250 millions \$ américains). Par ailleurs, le Canada ne mène pas d'activités militaires spatiales d'importance.

A-t-on fait le tour des principaux pays actifs dans le domaine spatiale?

Oui, bien qu'il y en a plusieurs autres, mais dont les budgets sont beaucoup moins élevés. Il faut toutefois ajouter bon nombre d'organisations et d'entreprises

privées qui opèrent des systèmes spatiaux à des fins commerciales (principalement pour les télécommunications et l'observation de la Terre). C'est le cas, par exemple du consortium Intelsat, ainsi que des services météo des principaux pays (États-Unis, Europe, Japon, etc.).

Cependant, il serait très difficile d'additionner toutes ces sommes puisqu'on risquerait alors d'en compter certaines plus d'une fois (comme c'est le cas, par exemple, d'une portion appréciable des budgets des pays d'Europe qui se retrouvent dans le budget de l'ESA).

C'est ainsi que j'en arrive à poser que, tout compte fait, on peut estimer qu'on consacrerait un bon 100 à 150 milliards \$ chaque année pour des activités spatiales civiles, militaires et commerciales.

Ventilation des dépenses spatiales

• États-Unis (NASA + DoD)	50 milliards \$
• Russie (Roscosmos + MoD)	8 milliards \$
• Chine (civil-militaire)	8 milliards \$
• Europe (ESA, pays (civil + militaire))	12 milliards \$
• Japon	2 milliards \$
• Inde	1,7 milliard \$
• Canada	0,25 milliard \$
• Autres pays	8 à 15 milliards \$
• Organisations et entreprises	20 à 40 milliards \$
Total	110 à 137 milliards

Tu dis «chaque année»? Ton estimé de 100 à 150 milliards serait non seulement valable pour cette année mais pour les années antérieures? N'y a-t-il pas des variations?

Oui, bien sûr, il y a des variations d'une année à l'autre puisque certains budgets baissent tandis que d'autres augmentent; ce qui risque, tout compte fait, de revenir au même. D'où l'idée qu'on consacre *approximativement* de 100 à 150 milliards d'année en année. C'est une évaluation

assez juste, me semble-t-il, pour déterminer si ça vaut le coût de consacrer autant d'argent en activités spatiales.

Mais est-ce que cela a toujours été le cas? Peut-on dire qu'on dépensait entre 100 et 150 milliards il y a dix ans, vingt ans ou trente ans...?

C'est une question très difficile à répondre. En fait, les sommes consacrées au spatial étaient moindres il y a dix, vingt ou trente ans... par contre, il faut aussi tenir compte de l'inflation. C'est-à-dire qu'avec un même dollar, on achetait davantage il y a dix ans, et encore plus il y a vingt ans et encore davantage il y a trente ans...

Prenons un exemple très précis. En additionnant les sommes que la NASA a consacrées dans les années 1960 au programme Apollo, on arrive à ce que celui-ci ait coûté 20 milliards de dollars (le chiffre exact est de 20 milliards, 443 millions). Il s'agit, notons-le, de dollars des années 1960.

Or, ces 20 milliards correspondent à une somme beaucoup plus élevée de nos jours. C'est ainsi que si on tient compte de l'inflation, année après année depuis les années 1960, on arrive à établir que le coût du programme Apollo exprimé en dollars d'aujourd'hui correspond à 120 milliards – soit six fois plus. (C'est dire qu'on achetait six fois plus dans les années 1960, avec un dollar, que de nos jours, ce qui se vérifie d'ailleurs assez bien lorsqu'on compare

le prix d'un pain, d'une pinte de lait, d'une automobile ou d'une maison.)

Or, si on fait le calcul des sommes dépensées dans le domaine spatial dans les années 1960, principalement aux États-Unis et en Russie... ainsi qu'en Europe, au Japon et pour le secteur commercial qui naissait alors, on arrive probablement aux environs de 20 à 25 milliards – l'équivalent en dollars de l'époque de ce qu'on dépense de nos jours.

En fait, dans les années 1960, l'Europe, la Chine, le Japon, le Canada... et les secteurs privés et commerciaux consacraient très peu d'argent en activités spatiales. Par contre, les États-Unis et l'Union soviétique, qui se livraient alors à une féroce course à l'espace, consacraient probablement entre 20 et 30 milliards (en activités civiles et militaires), ce qui correspond aux 100 à 150 milliards d'aujourd'hui. La même chose se vérifie pour les années 1970, 1980, etc., alors que les budgets spatiaux américains et soviétiques diminuaient, tandis que ceux des autres joueurs augmentaient progressivement.

C'est pourquoi j'estime qu'on peut considérer qu'on consacre, bon an mal an, *approximativement* une centaine de milliards (d'aujourd'hui) dans nos activités spatiales, et ce depuis une bonne cinquantaine d'années.

D'accord, on voit bien que c'est là un exercice périlleux et approximatif mais qui a avant tout pour but de nous donner une assez juste idée des sommes qu'on consacre à l'espace depuis soixante ans.



Thème 2

L'exploration de l'espace en vaut-elle vraiment le coût?

On peut donc estimer qu'on consacre quelque chose comme de 100 à 150 milliards \$/€ en activités spatiales bon an, mal an. Évidemment, la question qui s'impose alors est: à quelles fins? Pourquoi dépense-t-on, concrètement, une centaine de milliards?

La réponse courte à cette question est: pour exploiter les centaines de satellites qu'on lance chaque année. Si on prend l'exemple de l'an dernier (2018), on a placé plus de 460 satellites en orbite terrestre, en plus d'opérer la Station spatiale internationale et de poursuivre l'exploration du Système solaire à l'aide de sondes, tout en étudiant l'Univers à l'aide de télescopes spatiaux.

Ainsi, on opère des centaines de satellites en orbite terrestre, notamment des satellites de communication et d'observation de la Terre à des fins civiles, de même qu'une panoplie de satellites scientifiques qui étudient l'environnement terrestre et les effets sur notre planète des radiations en provenance de l'espace et du Soleil.

Et à tout cela s'ajoutent les satellites militaires d'observation de la Terre, de communication hautement sécurisée, de navigation (le fameux système GPS)... dont nous avons parlé dans notre balado *Satellites militaires: la face cachée (et surprenante) du spatial* (diffusé en avril 2018). Nous vous invitons d'ailleurs à écouter ce balado qui complètera fort bien l'exposé d'aujourd'hui.

Mais ce dont nous, nous entendons parler le plus souvent, ce sont les missions habitées (à bord de la Station spatiale) et

l'exploration des planètes par des sondes.

Ce sont en effet les deux volets de nos activités spatiales dont on parle le plus... et dont on parle fréquemment dans nos balados.

Le volet habité, c'est bien entendu l'opération de la Station spatiale internationale mais également la préparation d'éventuelles missions sur la Lune et vers Mars (voir notre balado précédent: *Demain la Lune*). Or, avouons-le, ces projets coûtent extrêmement cher et ils accaparent une bonne part des budgets de la NASA et de Roscosmos.

Par conséquent, cela soulève une autre question: consacre-t-on trop d'argent aux vols habités? Ne devrait-on pas plutôt se concentrer sur l'utilisation des satellites et des sondes robotiques pour explorer et exploiter l'espace?

Question très judicieuse, d'autant plus que ces robots coûtent une fraction de ce que coûtent les vaisseaux habités, ils réalisent des missions de longue durée (une décennie ou plus) et ils évitent d'exposer des vies humaines aux nombreux périls de l'espace – périls qui sont nombreux.

Autrement dit, ne serait-il pas plus efficace – moins coûteux et plus productif – de recourir à des robots plutôt qu'à des humains pour explorer l'espace?

Tout à fait, en termes strictement comptables, il est beaucoup plus économique et productif de recourir à des robots.

Cependant, la présence d'hommes et de femmes dans l'espace occupe une place particulière dans notre imaginaire. D'un point de vue humain, émotionnel, si je puis dire, rien ne remplacera jamais notre présence humaine dans l'espace puisqu'après tout, nous ne sommes pas des robots.

C'est ainsi qu'on admire nos astronautes, que ce sont des modèles et des héros nationaux. On n'a qu'à observer l'intérêt qu'on porte lorsque l'un des nôtres s'envole pour l'espace. C'est ainsi qu'en décembre dernier, l'astronaute québécois David St-Jacques s'est envolé vers la Station spatiale pour y séjourner six mois. Évidemment, on en a beaucoup parlé au Québec; St-Jacques fait la fierté de notre nation. La même chose s'est produite en France deux ans plus tôt, lorsque Thomas Pesquet a passé six mois à bord d'ISS. Même chose lorsque des astronautes belges, suisses, allemands, italiens... se rendent là-haut; ils *nous* représentent!



Or, aucun robot, même la plus belle merveille technologique, ne peut en faire autant. Pourtant, des robots comme le télescope spatial Hubble accomplit de merveilleux prodiges... en nous faisant découvrir l'Univers. Mais rien n'égalera jamais la présence humaine dans l'espace.

Or, bien sûr, aucun robot, quoi qu'il accomplisse, ne fera jamais parler autant de lui ni être l'objet d'autant d'admiration que les astronautes. On n'a d'ailleurs qu'à penser à la conquête de la Lune, n'est-ce pas?

Eh oui. C'est ainsi que personne ne se souvient des sondes qui, les premières, ont exploré la Lune tandis que tous connaissent fort bien «le petit pas» de Neil Armstrong sur la Lune – dont on célébrera les 50 ans l'été prochain.



Thomas Pesquet et David St-Jacques flottant dans la coupole de la Station spatiale.

Et si j'avais à résumer en une phrase l'importance des vols habités, je dirais que, dans quelques siècles, on aura probablement tout oublié de notre époque... sauf le fait que des hommes ont marché sur la Lune au milieu du 20^{ème} siècle. Tous les autres engins spatiaux auront été oubliés depuis belle lurette, qu'importe ce qu'ils ont accompli.

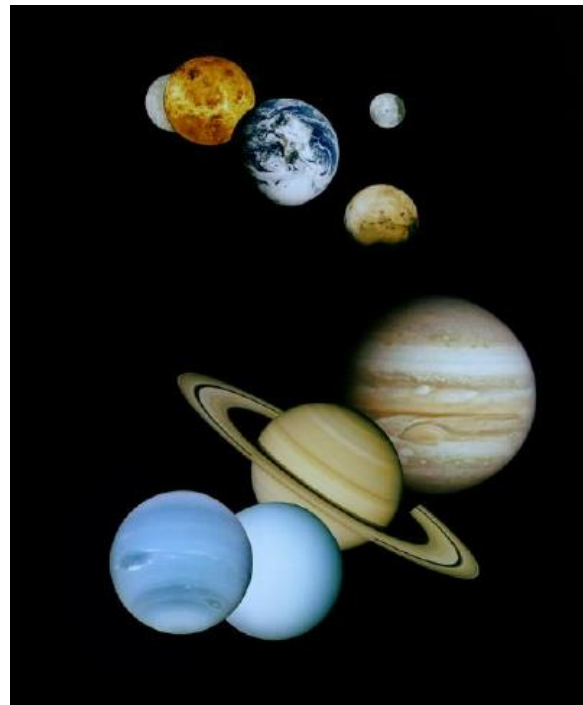
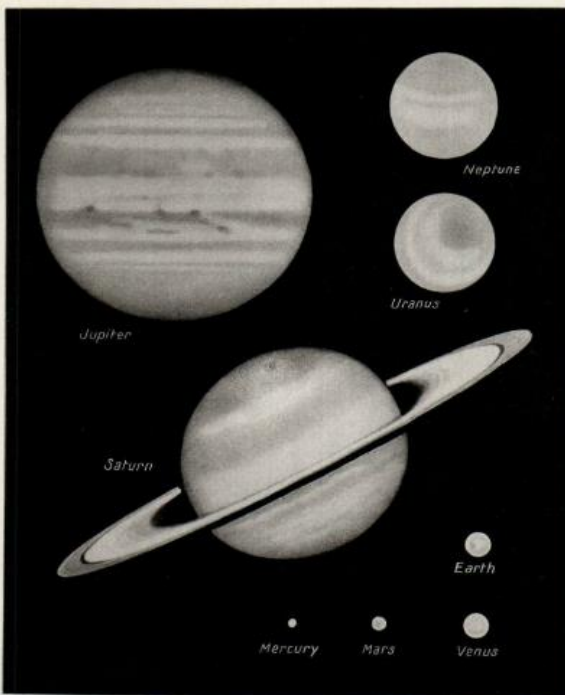


La photo qui symbolisera notre époque?

Et pourtant, il y a les sondes spatiales qui ont réalisé quelque chose de remarquable; nous avoir fait visiter les planètes du Système solaire, n'est-ce pas?

C'est en effet l'autre volet du spatial dont on parle assez fréquemment; lorsque par exemple la sonde InSight s'est posée sur Mars en novembre dernier ou lorsque la sonde chinoise Chang'e 4 a atterri sur la face cachée de la Lune.

Comme je l'ai déjà mentionné, nous vivons à une époque unique dans l'histoire de l'humanité: celle où nous découvrons une à une les planètes du Système solaire. Nous sommes les premiers à explorer la surface de la Lune et de Mars, et à avoir vu de près toutes les planètes du Système solaire, y compris Pluton récemment. Et maintenant s'ajoute l'exploration des petits astres du Système solaire: comètes, astéroïdes et autres objets célestes, dont le planétésimal Ultima Thulé il y a quelques semaines.



Les planètes du Système solaire telles qu'on les imaginait en 1960 et comme on les voit à présent.

On pourrait aussi mentionner les télescopes spatiaux, dont Hubble, qui révolutionnent notre représentation et notre compréhension de l'Univers ou qui nous permettent de repérer de lointaines planètes ... sur lesquelles on espère découvrir un jour des traces de vie extraterrestre!

Ça aussi, peut-être se souviendra-t-on de notre époque comme de celle où nous avons entrepris d'explorer notre petit coin d'univers... et l'Univers tout entier.

Par contre, si on imagine les sommes importantes qui ont été dépensées depuis soixante ans pour envoyer des humains dans l'espace et pour explorer le Système solaire et l'Univers, a-t-on une idée de combien tout cela nous a coûté?

Humm, difficile à dire... Mais on pourrait se risquer à dire, sans craindre de se tromper: plusieurs centaines de milliards.

En effet, si on suppose qu'on consacre, en dollars d'aujourd'hui, une dizaine de milliards par année à l'envoi d'humains dans l'espace, à l'exploration du Système solaire par des sondes et à l'étude de

l'Univers par des télescopes spatiaux, on pourrait estimer que, depuis soixante ans, on y aurait consacré quelque chose comme 600 milliards.

Bien entendu, il s'agit là d'une approximation très grossière, mais probablement assez représentative de la réalité et qui, surtout, nous donne un ordre de grandeur de ce dont on parle. Posons donc qu'on a consacré quelque chose comme 600 milliards – sinon même davantage – à l'exploration de l'espace par l'homme, par l'entremise de sondes planétaires et à l'aide de télescopes spatiaux.

On peut donc se demander si l'exploration de l'espace vaut vraiment les 600 milliards (et plus) qu'elle nous a coûté... alors qu'il y a tant de problèmes à résoudre sur Terre?

Question très pertinente, en effet. Mais avant d'y répondre, il nous faut aborder l'autre grand volet du spatial et dont on parle peu: les centaines de satellites qu'on place chaque année en orbite terrestre.

Thème 3

La révolution des satellites de communication

Il est étonnant de penser qu'on lance chaque année des centaines de satellites – plus de 460 l'an passé, as-tu dit plus tôt – mais dont on parle à peu près jamais.

C'est à la fois étonnant mais, en même temps, ça s'explique puisque la très grande majorité d'entre eux remplit des missions de routine... au sujet desquelles il n'y a pas grand-chose à dire... sauf en cas de pépin.

Par contre, tous les jours, ces satellites jouent des rôles vitaux dans nos vies, comme on le verra sous peu. Le fait est

que si d'un coup, tous les satellites tombaient en panne, notre quotidien serait bouleversé.

Comme tu l'as mentionné plus tôt, ils remplissent des fonctions pratiques, comme assurer les communications partout à travers le globe. Il y a, dis-tu,



Anatomie d'un satellite de communication; ici un TDRS de la NASA doté d'antennes de diffusion (rondes) et de panneaux solaires (bleus) qui génèrent l'électricité de bord.

quelques deux cents satellites de communication à l'œuvre? Pourquoi autant de satellites de communication?

On ne s'en rend pas compte aujourd'hui, mais si on reculait de seulement une soixantaine d'années, on découvrirait que les communications étaient autrefois très difficiles, pour ne pas dire impossibles, pour peu que les distances soient grandes – par exemple entre deux continents, sinon même, d'un bout à l'autre d'un même continent.

C'est ainsi que les satellites de communication ont révolutionné nos vies, du fait qu'aujourd'hui, on communique instantanément avec n'importe qui qu'importe où il se trouve sur Terre et sans même s'en rendre compte.



Principe d'un satellite de communication, qui relaie les signaux d'une antenne à l'autre.

Les satellites de communication ont surtout révolutionné notre vision du monde du fait qu'on sait à présent tout ce qui se passe en temps réel, même dans les coins les plus reculés du globe. On peut ainsi dire qu'ils ont transformé notre planète en un «village global». Cette ca-

pacité de tout voir en temps réel a généré de profonds changements de société, dis-tu?

Et comment! Un exemple parmi tant d'autres: les dictateurs et les forces de répression peuvent moins agir à leur guise de nos jours sachant que leurs agissements

risquent d'être vus sur les télévisions du monde entier. On suit aussi de beaucoup plus près les catastrophes qui surviennent un peu partout, tandis que les sports professionnels sont devenus un *business* planétaire. On ne s'en est pas rendu compte, mais notre vision du monde a vraiment changé ces dernières décennies.



L'un des premiers événements diffusés à travers le monde par l'entremise d'un satellite de communication a été les funérailles du président Kennedy, le 25 novembre 1963. Ces funérailles ont donné lieu à des scènes qui ont marqué toute une génération comme l'illustre la photo ci-dessus: Jackie tenant par la main ses deux enfants, Caroline et John-John (3 ans). À sa gauche, Bobby Kennedy, qui périra cinq ans plus tard sous les balles – autre tragédie marquante (y compris pour l'enfant que Claude était alors).

La révolution des satellites de communication dont tu parles, c'est très récent, n'est-ce pas?

En oui. On l'a oublié maintenant, mais lorsqu'à la fin des années 1960, on s'est mis à diffuser couramment des reportages

provenant en direct d'un autre continent, on indiquait au bas de l'écran «*Live from satellite*», tant c'était un prodige technologique. De nos jours, on ne sait même plus que ça se fait, tant c'est devenu banal. Pourtant, bon nombre de matchs sportifs et de reportages d'actualité qu'on

voit à la télé nous sont acheminés grâce aux satellites de communication.

Les satellites de communication ont également révolutionné notre façon de regarder la télé puisqu'ils assurent la diffusion de centaines de chaînes de télé directement dans nos foyers, les fameuses petites soucoupes qu'on voit fixées aux toits. C'est ce qu'on appelle la télédiffusion directe par satellite (DTH). Si, aujourd'hui, on a accès à des centaines de chaînes télé en provenance d'un peu partout, c'est grâce aux satellites de communication.

Et c'est la même chose entre entreprises, ce qui nous est fort utile lorsque nous voyageons, dis-tu? Comment ça?

Les satellites de communications assurent les échanges de données entre entreprises, notamment entre banques, ce qui fait que lorsqu'on voyage à l'étranger, on a accès à notre compte de banque et on peut utiliser sans problème nos cartes de crédit et de débit dans n'importe quel pays – ce qui ne se faisait pas il y a une vingtaine d'années – et ce, grâce aux satellites de communication.

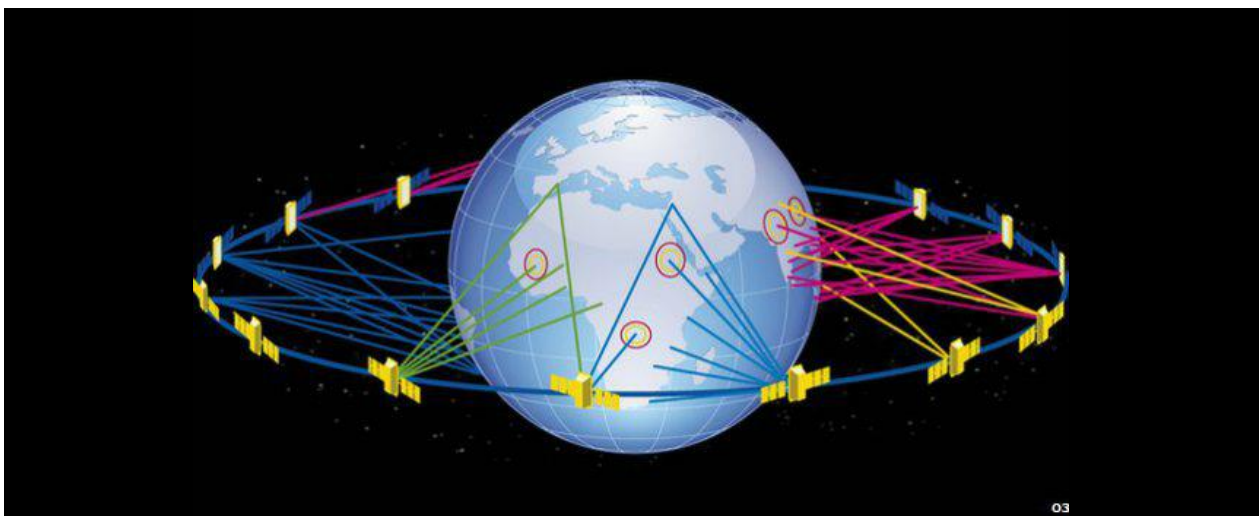
Voilà pourquoi on peut affirmer que, si d'un coup, on stoppait tous les services rendus par ces satellites, on aurait l'impression de retomber à l'âge de pierre... c'est-à-dire aux années 1960!

Et on annonce maintenant une nouvelle ère dans le domaine des communications par satellite. De quoi s'agit-il?

En effet, on assiste présentement à l'apparition d'un nouveau service de communications: l'accès haute-vitesse à Internet par satellite.

C'est ainsi qu'une douzaine de firmes sont à installer en orbite terrestre basse des constellations de plusieurs douzaines, voire de centaines de petits satellites qui nous permettront d'accéder à Internet à très haute vitesse où qu'on soit sur Terre, même depuis les régions les plus isolées du globe.

L'Internet à haut débit, partout pour tout le monde... wow!, une véritable petite révolution s'en vient!



03b, une constellation de satellites qui livrera Internet aux trois milliards de personnes mal desservies.

Thème 4

Des satellites qui sauvent des vies

Outre les satellites de communication, il existe plusieurs autres types de satellites qui nous sont très utiles au quotidien et même, dis-tu, des satellites qui sauvent quantité de vies, vraiment?

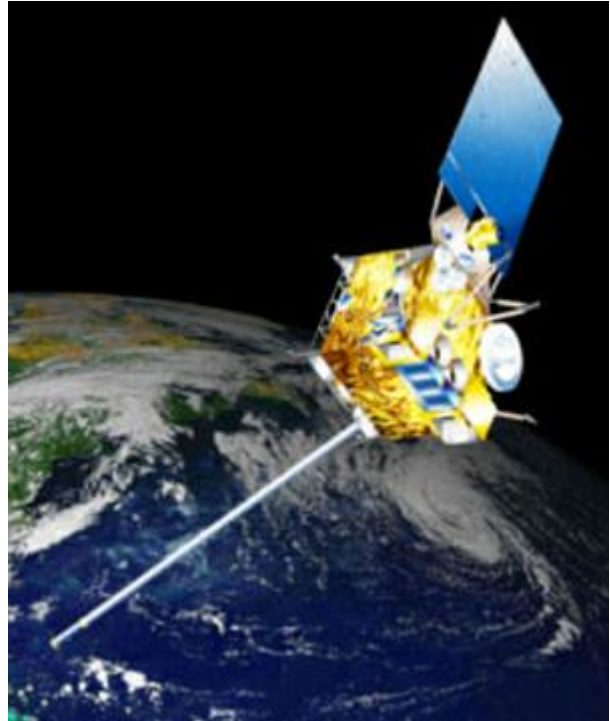
Et oui, comme on le verra sous peu, on peut affirmer que des centaines de vies, sinon même des milliers, sont préservées chaque année grâce à divers types de satellite.

J'imagine que tu penses ici aux satellites météo? Mais peut-on vraiment dire qu'ils sauvent des vies?

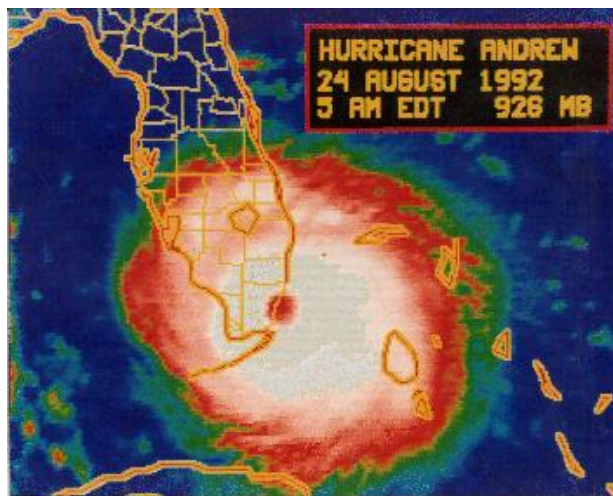
Bonne question: on ne peut pas dire que les satellites météo sauvent directement des vies humaines mais nul doute que le fait qu'ils nous permettent de voir venir les tempêtes – et donc de nous préparer en conséquence – préserve sans aucun doute des vies.

Tout le monde a en tête, j'imagine, les photos-satellite qu'on voit à la télé et qui nous permettent de voir venir les tempêtes, dont les terribles ouragans et cyclones.

Or, avant la mise en poste des satellites météo, dans les années 1960, on ne voyait pas venir les tempêtes, et plus particulièrement les ouragans et les cyclones. C'est ainsi que chaque année, des centaines de personnes perdaient la vie parce qu'on ne pouvait les prévenir à temps pour qu'ils évacuent les zones menacées. Les habitants dans les zones à risque vivaient sans savoir si/quant allait s'abattre sur eux un ouragan ou un cyclone. Même chose pour les marins; quantité de navires devaient



Satellite météo GOES 14 de la NOAA américaine.



L'ouragan Andrew, qui a frappé la Floride le 24 août 1992, tel qu'observé par un satellite météo.

affronter des tempêtes et risquer de sombrer corps et biens. En outre, les satellites météo nous font épargner des milliards en dommages en nous permettant de se protéger à la venue des tempêtes.

On peut donc affirmer que, oui, les satellites météo sauvent des vies chaque année... même si on ne peut pas dire combien. Chose certaine, le nombre de fatalités causées par les ouragans et les cyclones a considérablement chuté depuis les années 1950-60.

De surcroît, c'est grâce aux satellites météo que, chaque soir, on voit les cartes météo de notre région.



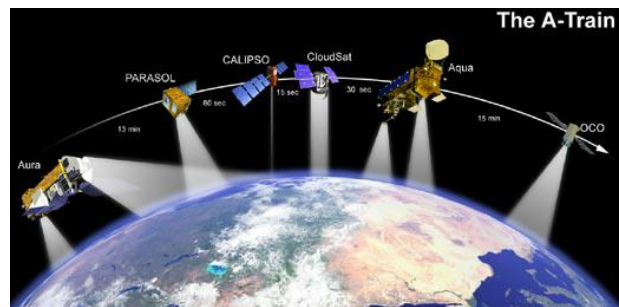
Placé en orbite géostationnaire, à 36 000 km d'altitude, un satellite météo observe tout un hémisphère terrestre (ci-dessous).



D'autres satellites étudient la Terre dans son ensemble, surveillant notamment les effets du réchauffement de la planète.

En effet, il s'agit des satellites d'étude de la Terre et des relations Terre-espace et Terre-Soleil. Une vaste panoplie d'engins spatiaux scrute ainsi la surface terrestre, l'atmosphère et l'espace environnant afin d'étudier et d'observer une foule de phénomènes, que ce soit la température des sols, de l'eau et de l'atmosphère, l'élévation du niveau des océans, des phénomènes comme El Niño, la pollution des terres, des eaux et de l'atmosphère, l'impact du Soleil sur notre climat, etc.

Ce sont entre autres ces satellites qui nous permettent d'observer le réchauffement de la planète.

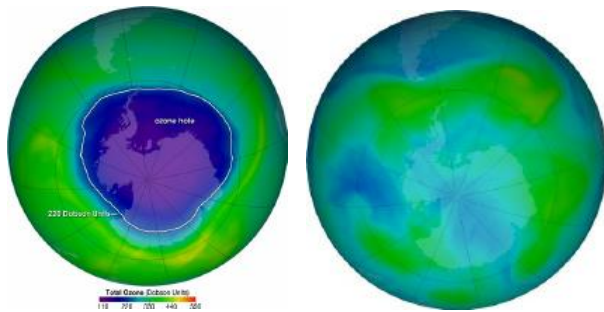


Exemple de satellites scientifiques divers qui scrutent notre planète et son environnement.

Ils surveillent également la couche d'ozone, qu'on était en train de détruire dans les années 1970 à cause des CFC – ces gaz dits chlorofluorocarbures (CFC) qui contribuent à la dégradation de la couche d'ozone et qu'on utilisait abondamment dans nos réfrigérateurs et nos canettes d'aérosol, n'est-ce pas?

En effet, fin des années 1970, des satellites ont sonné l'alarme: on était en train de détruire la couche d'ozone essentielle à la vie terrestre! (Le fameux «trou dans la couche d'ozone», au pôle sud, qu'on

voyait grandir d'année en année.) Heureusement, depuis les années 1990, on a pris des mesures nécessaires pour bannir les CFC, de sorte qu'aujourd'hui, les satellites constatent que la couche d'ozone s'est rétablie. Mais il nous faut demeurer vigilant.



«Trou» dans la couche d'ozone en 2004 (à g.) et la couche rétablie quinze ans plus tard.

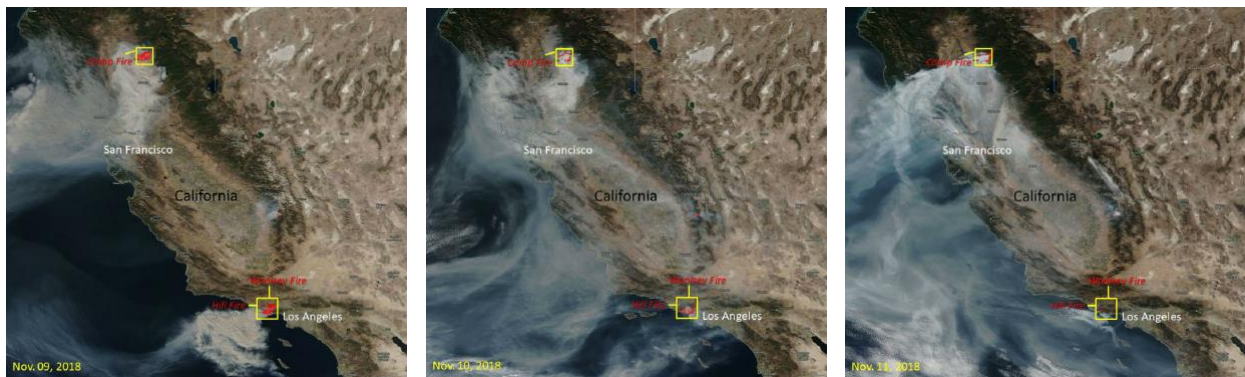
Une autre gamme de satellites qui remplit des fonctions vitales, ce sont les satellites de télédétection. De quoi s'agit-il?

À la manière des satellites-espion qui scrutent tout ce qui se passe sur Terre, mais à des fins militaires, les satellites de télédétection observent la Terre à des fins

civiles. Ces satellites remplissent de multiples fonctions; par exemple, ils surveillent le développement urbain et des communautés, la fonte ou le déplacement des glaces dans les océans, les feux de forêt et les inondations, les ravages de la pollution, la migration des animaux et la planification des grandes infrastructures. Ils suivent également l'évolution des récoltes, la régénération des forêts, l'assèchement des lacs et des rivières...

Ils servent aussi à dresser des cartes géographiques et routières – qui servent à créer les cartes que nous montre Google et à les mettre à jour régulièrement. Et même les médias se servent des satellites de télédétection, n'est-ce pas?

Et oui. Certains médias se servent des photos prises par les satellites de télédétection pour nous montrer les ravages causés par les inondations, les tremblements de terre ou les feux de forêt... sinon même pour voir ce qui se passe dans certains coins encore cachés du globe, comme par exemple en Corée du Nord.



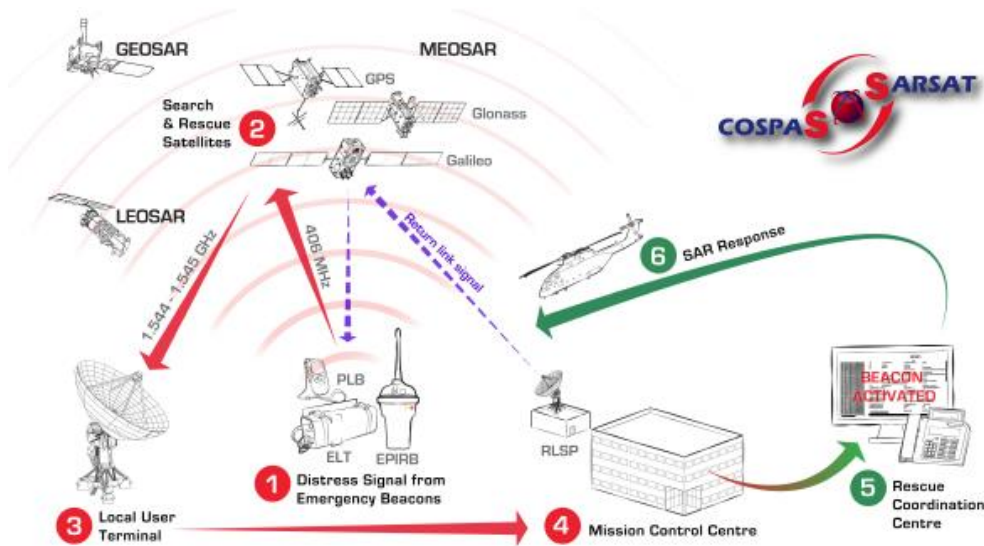
Évolution des feux de forêt en Californie, en novembre 2018. (NASA)

Il y a aussi ce qu'on appelle les satellites SARSAT – dont on n'entend jamais parler – et qui sauvent, littéralement, des centaines vies chaque année! Comment parviennent-ils à sauver des vies?

Quelques dizaines de satellites, notamment météo, sont munis de récepteurs radio qu'on appelle SARSAT pour *Search and rescue satellite*. Ces récepteurs captent tout signal de détresse émis par une balise d'urgence. Qu'un avion ou un navire se

trouve en perdition, sa balise Sarsat sonnera l'alerte en donnant immédiatement la position aux services de secours. Même les expéditions de terrain (à pieds ou en véhicule) peuvent se munir d'une balise

Sarsat. C'est ainsi que *chaque année*, des milliers de marins, de pêcheurs, d'aviateurs, d'explorateurs et de randonneurs doivent leur vie à ce système par satellite.



Principe de fonctionnement du système Sarsat.

Nombre de sauvetage grâce au système Sarsat aux États-Unis en 2018

- 219 personnes en mer;
- 32 personnes en action d'avion;
- 89 personnes sur terre;
- 8 689 personnes ont été sauvées aux États-Unis (seulement) depuis 1982.

(Source: NOAA)

Il y a aussi l'application spatiale la plus répandue de toutes, celle dont on sert probablement chaque semaine, si ce n'est même chaque jour: le GPS! Lorsqu'on se sert de notre GPS, ou de toute autre application de géolocalisation, on recourt alors à des satellites, n'est-ce pas?

Et oui, et pas à n'importe lequel: des satellites militaires Navstar du Département de la Défense américaine! Le petit gadget GPS que vous tenez dans vos mains est en soi un prodige technologique puisqu'il est en contact radio direct avec des satellites qui gravitent au-dessus de nos têtes à 20 000 kilomètres d'altitude.

Ces satellites servent de borne de repérage – un peu à la manière des indications sur le bord des routes –, ce qui permet à notre récepteur GPS de se situer à quelques mètres près. Pour ce faire, on se sert des satellites militaires Navstar qu'utilise l'armée américaine pour guider ses troupes, ses avions et ses missiles.

Et il existe maintenant plusieurs systèmes GPS, dont le système Galilée mis en place par l'Europe. En plus de la Russie, la Chine, l'Inde et le Japon se sont également dotés de leur propre système de localisation par satellite.

Conclusion

Évidemment, dès le début de ce balado, on avait tous compris qu'à la question: «Vaut-il vraiment la peine de dépenser des milliards dans l'espace?», toi, Claude, tu répondrais par l'affirmative. C'était écrit dans le ciel, si on peut dire!

Pour sûr que j'allais répondre par l'affirmative, mais j'espère vous avoir convaincu que mon «oui» ne tient pas qu'à ma passion pour l'espace, mais bien au fait qu'il repose sur de solides bases, des faits concrets et de bonnes raisons.

N'empêche qu'on peut tout de même se demander si, malgré tous les beaux exemples que tu nous as présentés, il ne vaudrait pas mieux utiliser les 100 à 150 milliards qu'on consacre chaque année aux activités spatiales pour plutôt s'attaquer à nos problèmes terrestres: pauvreté, misère humaine, maladie, dommage à l'environnement et lutte aux changements climatiques...

On peut tout de même se poser la question, n'est-ce pas?

Tout à fait. Et je me suis moi-même posé cette question... malgré mon enthousiasme pro-espace.

Hélas, c'est une question difficile à répondre, puisque tout dépend de ce qu'on aurait réellement fait, chaque année, avec ces 100 à 150 milliards.

Si on imagine qu'on aurait consacré une telle somme, année après année depuis soixante ans, en recherches médicales, par exemple, ou pour combattre la pauvreté ou protéger l'environnement, où en serions-nous aujourd'hui?

Bien entendu, personne ne peut répondre à cette question: quels pro-

blèmes aurait-on pu résoudre en y consacrant des centaines de milliards de décennie après décennie!

Par contre, on peut aussi se demander: est-ce que la solution à nos problèmes repose essentiellement sur l'argent? Est-ce que si on avait «tout l'argent du monde» à notre disposition, on réglerait tous les problèmes du monde?

Personnellement, j'en doute et ce, en me basant sur mon expérience de vie et sur ce que j'observe autour de moi. En pratique, j'observe que la solution à nos problèmes n'est souvent pas une question d'argent. Bien sûr, l'argent peut aider à résoudre de nombreux problèmes... mais ce n'est pas la solution à tous les maux. Autrement, les gens riches, comme les sociétés riches (dont les nôtres!) n'auraient pas de problème, ou si peu... ce qui est loin d'être le cas.

Mais ça, c'est un autre débat... qui sort pas mal de notre série de balados.

Par contre, en écrivant ton livre *Sputnik @ 60*, tu es tombé sur une comparaison qui t'a beaucoup surpris. Laquelle?

Eh oui. Lorsque je suis arrivé au chiffre de 100-150 milliards consacrés annuellement au spatial, je me suis demandé: mais à quoi donc pourrait-on comparer cette somme?

J'ai alors eu l'idée de la comparer aux dépenses militaires qui se font chaque an-

née à travers le monde. Combien dépense-t-on en armement et à faire la guerre chaque année?

Or, il existe un groupe de recherche très sérieux, basé en Suède – l’Institut de recherche internationale sur la paix de Stockholm (le SIPRI) – qui comptabilise les dépenses militaires pour tous les pays du globe.

Or, selon cet institut, celles-ci s’élèvent à... 1 700 milliards de dollars par année!

Nos gouvernements engloutissent 1 700 milliards chaque année en activités militaire? Wow!

En comparaison avec les 100 à 150 milliards consacrés au spatial, cela signifie qu’on dépense de 11 à 17 fois plus en activités militaires qu’en activités spatiales chaque année! Oh, là, là...

Et oui, on pourrait même dire qu’en une seule année, on dépense plus en activités militaires que tout ce qu’on dépense «dans l’espace» en dix ou quinze ans...

Pour sûr qu’on pourrait consacrer les 100-150 milliards du spatial à lutter contre bien des maux de notre société, mais que pourrions-nous faire avec ce qu’on dépense chaque année en armements..., avec 1 700 milliards?

Ah, si seulement on consacrait *une fraction* de ces 1 700 milliards pour s’attaquer à nos problèmes terrestres!

Dépenses militaires des principaux pays

États Unis	610 milliards \$
Chine	228 milliards \$
Arabie saoudite	69 milliards \$
Russie	66 milliards \$
Inde	64 milliards \$
France	58 milliards \$
Royaume Uni	47 milliards \$
Japon	45 milliards \$
Allemagne	44 milliards \$
Corée du Sud	39 milliards \$
Italie	29 milliards \$
Brésil	29 milliards \$
Australie	28 milliards \$
Canada	21 milliards \$
Turquie	18 milliards \$
Israël	16 milliards \$
Espagne	16 milliards \$
Iran	15 milliards \$

Source: [SIPRI Military Expenditure Database](#).



Les Fascicules de *Voyage dans l'espace* (disponibles sur patreon.com/voyagedanslespace)

<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 12</p> <p>ESPACE 2068, LES 50 PROCHAINES</p>  <p>Ce que nous réserve, et pas, l'exploration de l'espace.</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 13</p> <p>LE JEU DES DATES</p>  <p>25 grandes dates et - de l'exploration spatiale</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 14</p> <p>PLUTON</p>  <p>La reine des petites planètes</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 15</p> <p>12 HOMMES SUR LA LUNE (Première partie)</p>  <p>La p'tite histoire du programme Apollo</p>
Fascicule 12	Fascicule 13	Fascicule 14	Fascicule 15
<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 16</p> <p>12 HOMMES SUR LA LUNE (Deuxième partie)</p>  <p>La p'tite histoire du programme Apollo</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 17</p> <p>VIVRE À BORD DE LA STATION SPATIALE</p>  <p>Du rêve à la réalité</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 18</p> <p>UN AUTOMNE PLANÉTAIRE</p>  <p>En balade dans le Système solaire</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 19</p> <p>LES EXTRATERRESTRES NOUS RESSEMBLENT-ILS?</p>  <p>L'hypothèse humanoïde...</p>
Fascicule 16	Fascicule 17	Fascicule 18	Fascicule 19
<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 20</p> <p>VOYAGE DANS L'ESPACE AU CINÉMA</p>  <p>De First Man à Interstellar</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 21</p> <p>QUELLES TRACES LAISSERONS-NOUS?</p>  <p>Des soupçons d'éternité...</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 22</p> <p>MYSTÈRES PLANÉTAIRES</p>  <p>Curieux qu'on ne sache toujours pas pourquoi...?</p>	<p>VOYAGE DANS L'ESPACE Épisode 23</p> <p>NOEL 1968</p>  <p>Course folle et coup de foudre lunaire</p>
Fascicule 20	Fascicule 21	Fascicule 22	Fascicule 23