

**VOYAGE
DANS
L'ESPACE**

Épisode

18

UN AUTOMNE PLANÉTAIRE



En balade dans le Système solaire

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, JAXA, DLR.

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

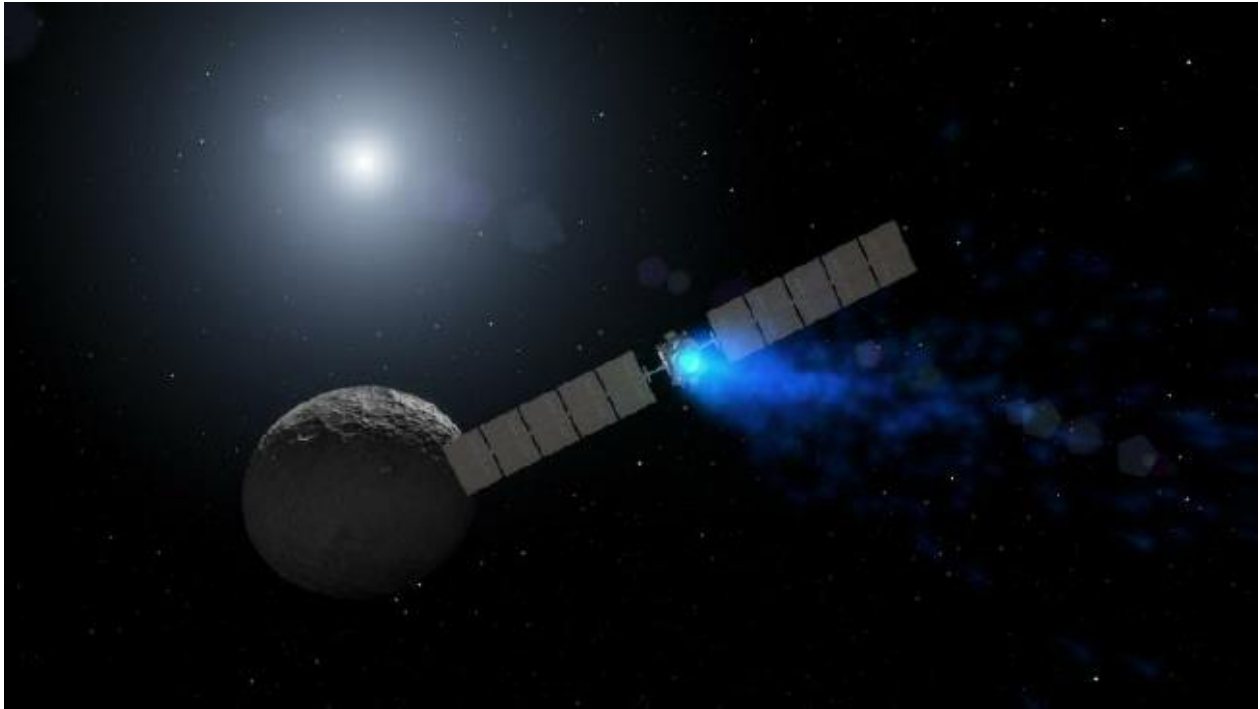
Courriel: claudio-lafleur1@videotron.ca

© 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 978-2-923275-40-6 (pdf)
ISBN 978-2-923275-41-3 (kindle)
Dépôt légal: Bibliothèque du Canada, 2018



Un automne planétaire

En balade dans le Système solaire

Écoutez le balado *Un automne planétaire*, diffusé le 7 septembre 2018.

Ces prochaines semaines, nous aurons la chance d'assister à une impressionnante série de missions d'exploration du Système solaire.

Déjà, en ce moment même, la sonde japonaise Hayabusa 2 ausculte l'astéroïde Ryugu en plus d'y déposer des microsondes sur son sol, dont l'atterrisseur européen MASCOT. Dans deux semaines, les Européens lanceront un duo de sondes dites BepiColombo vers Mercure. Le mois prochain, la sonde américaine InSight se posera sur Mars, tandis qu'en décembre, la sonde américaine OSIRIS-REx abordera l'astéroïde Bennu. Comme Hayabusa 2, cette dernière a pour mission de rapporter sur Terre des échantillons de cette petite planète. Entre-temps, la sonde américaine Parker frôlera le Soleil, tandis qu'on devrait voir bientôt les premiers résultats des observations faites par le télescope spatial TESS qui cherche à repérer des planètes autour d'étoiles proches de nous. Enfin, le 1^{er} janvier, la sonde New Horizons survolera le mystérieux objet *Ultima Thulée* qui se cache aux confins du Système solaire.

Rarement a-t-on vu, dans l'histoire de l'exploration spatiale, un tel déferlement de missions interplanétaires.

On verra des choses remarquables ces prochaines semaines, n'est-ce pas?

Tout à fait, car cela illustre le fait que nous étudions à la fois des planètes et des mini-planètes, de même que le Soleil tout en cherchant de nouvelles exoplanètes. C'est dire que nous poursuivons «tout azimut» l'exploration de notre petit coin d'Univers.

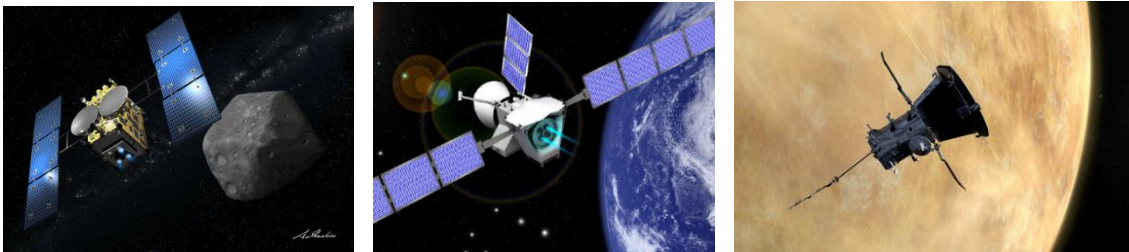
Un autre aspect remarquable de cette série de missions interplanétaires, c'est la collaboration internationale qu'elle englobe?

En effet, puisque, comme nous le verrons, à bord de plusieurs de ces sondes se trouvent des instruments provenant de différents pays alors que des chercheurs d'un peu partout participent à ces missions. Et si jamais l'une d'elles venait à se trouver en difficulté, tous les pays qui le peuvent offriront leur aide et leurs expertises.

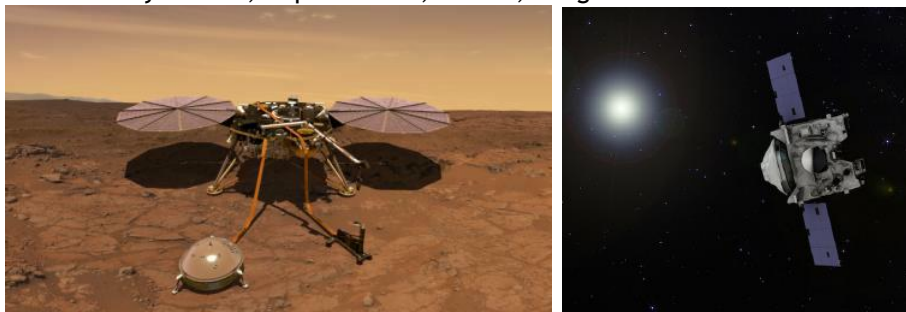
C'est donc l'ensemble des pays du globe qui mène à présent l'exploration spatiale, et non plus les deux grandes puissances spatiales qui se sont si longtemps disputés une course folle aux «premières spatiales».

Et c'est là un point important. Comme nous le relations dans notre balado précédent, à propos de *La vie à bord de la Station spatiale*, les nations du globe ont maintenant pris l'habitude de s'associer pour explorer l'espace. La coopération internationale – qui semblait il n'y a pas si longtemps occasionnelle – est à présent si courante qu'on n'y prête même plus attention. Coopérer va maintenant de soi et c'est là un progrès remarquable pour l'humanité.

Voilà donc ce que nous explorerons aujourd'hui dans un *Voyage dans l'Espace* à travers le Système solaire.

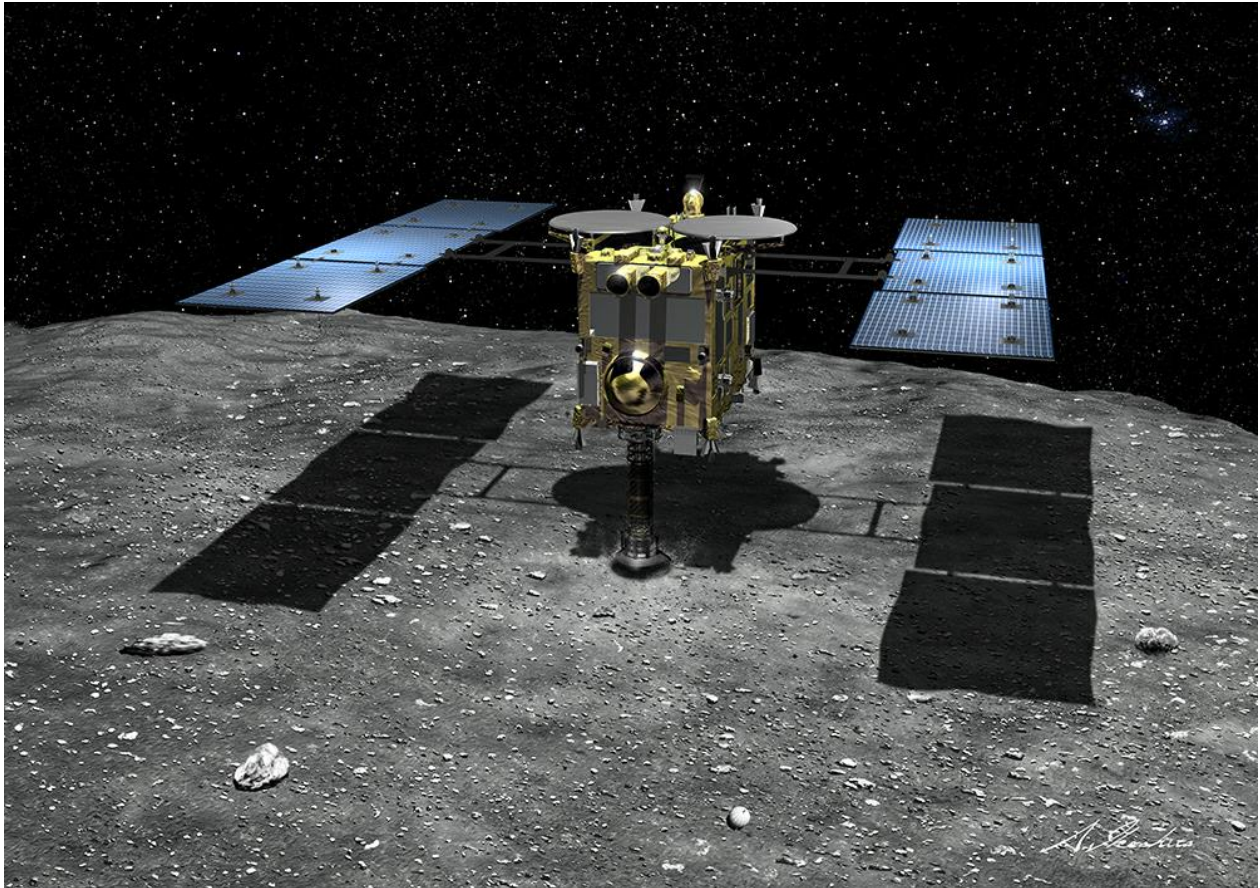


Cinq explorateurs du Système solaire (de g. à d.): les sondes Hyabusa 2, BepiColombo, Parker, InSight et OSIRIS-Rex.



Thème 1

Des «terriens» s'attaquent à Ryugu



La sonde Hayabusa 2 frôlera le sol de l'astéroïde Ryugu afin d'y cueillir des échantillons.

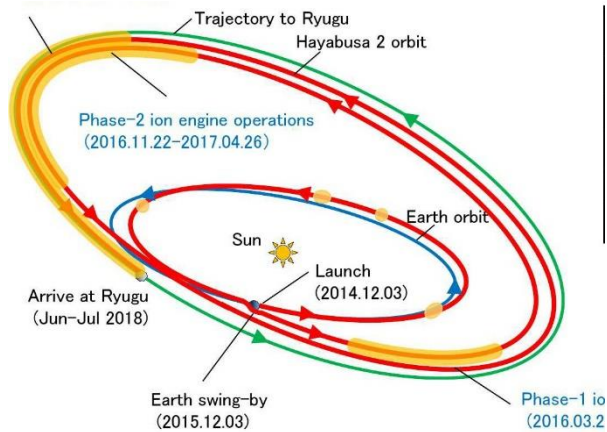
Au moment où nous enregistrons ce balado, la sonde japonaise Hayabusa 2 s'active autour de l'astéroïde Ryugu. Cette mission est donc en cours depuis longtemps?

La sonde s'est envolée du Japon le 3 décembre 2014 et elle a mis trois ans et demi pour parvenir jusqu'à l'astéroïde Ryugu, où elle est arrivée en juin dernier.

Mettre trois ans et demi pour parvenir jusqu'à Ryugu, alors qu'il ne faut que de

six à huit mois pour atteindre Mars, c'est dire que l'astéroïde doit être très éloigné de nous?

Pourtant non, au contraire même, puisqu'il s'agit de l'une des petites planètes les plus proches de nous. En effet, Ryugu gravite autour du Soleil sur une orbite dont la distance varie de 144 à 212 millions de kilomètres, tandis que la Terre circule sur une orbite à 150 mkm du Soleil. L'astre orbite vraiment dans notre voisinage.



Trajectoire suivie par la sonde Hayabusa 2 pour parvenir jusqu'à l'astéroïde Ryugu.

Ryugu est donc beaucoup plus proche de nous que Mars (qui gravite à 227 millions de kilomètres du Soleil). Mais comment se fait-il qu'Hayabusa ait mis trois ans et demi pour le rejoindre?

C'est là un bel enseignement que nous livre l'exploration du Système solaire: on aurait pu arriver beaucoup plus tôt à Ryugu, mais on aurait alors obtenu beaucoup moins de résultats scientifiques.

Comment ça?

Il faut savoir que, pour se rendre quelque part dans le Système solaire, tout est une question de coûts. Par exemple, on pourrait se rendre à Mars en moins de six mois, mais ça coûterait beaucoup plus cher en carburant.

Comme nous l'avons expliqué dans le balado *Voyage, voyage dans l'espace*, pour quitter la Terre, il faut donner à un engin spatial une vitesse de départ de 11 km/sec, soit 40 000 km/h. Mais c'est là la vitesse minimale. On pourrait s'envoler plus rapidement, disons à 80 000 km/h, et ça prendrait alors beaucoup moins de temps pour gagner Mars. Mais cela coûterait *énormément* cher en carburant.

Pourquoi *énormément* cher en carburant?

Parce qu'une grande vitesse de départ implique qu'on arrivera aux abords de la planète à grande vitesse aussi. Il faudrait alors freiner plus fortement pour s'arrêter à Mars, et donc utiliser davantage de carburant. Se rendre plus vite à Mars coûte en fait *énormément* plus cher puisqu'il nous faudrait emporter au départ de la Terre le carburant nécessaire pour freiner... et donc utiliser encore plus de carburant au décollage pour transporter la sonde et le carburant de freinage nécessaire! Autrement dit, on entre alors dans un cercle vicieux: plus de carburant au départ pour emporter plus de carburant nécessaire à l'arrivée... et tout ça pour ne sauver que du temps!

Tandis que si on prend son temps, on économise énormément de carburant, carburant qu'on peut remplacer par du matériel scientifique.

C'est pourquoi je dis qu'on aurait obtenu beaucoup moins de résultats scientifiques si on était parvenu plus rapidement à l'astéroïde Ryugu.

Mais tout de même, prendre trois ans et demi pour arriver à cette mini-planète voisine de la Terre alors qu'il ne faut que quelques mois pour gagner Mars. Comment s'y est-on pris pour parvenir 'économiquement' jusqu'à Ryugu?

Bonne question. Ce qu'il faut comprendre, c'est qu'il y a plusieurs moyens d'atteindre la vitesse requise pour parvenir à destination où que ce soit dans le Système solaire.

Au départ de la Terre, bien sûr, on utilise la puissance d'une fusée, qui doit propulser notre sonde interplanétaire par-delà la Terre à la vitesse de 40 000

km/h. C'est ainsi qu'on la place en orbite autour du Soleil. Dans le cas d'une sonde destinée à Mars, celle-ci décrit une demi-orbite autour du Soleil durant les six à huit mois qu'elle met pour relier la Terre à la planète rouge.

Mais une fois que vous êtes en orbite solaire, vous pouvez aussi utiliser la gravité d'une planète pour acquérir de la vitesse sans qu'il ne vous en coûte une goutte de carburant.

Utiliser la gravité d'une planète pour accélérer? Comment fait-on cela?

L'idée est la suivante. Imaginez que vous placiez une sonde en orbite autour du Soleil et que vous l'amenez à décrire une révolution complète pour revenir croiser à nouveau la Terre. En s'approchant de notre planète, la sonde sera attirée par la gravité terrestre. Elle «tombera» donc vers la Terre, en acquérant par le fait même de la vitesse. L'engin passera près de nous à vive allure pour poursuivre sa course avec plus de vitesse qu'elle n'en avait auparavant.

C'est ce qu'on appelle l'assistance gravitationnelle d'une planète.

C'est ce qu'a d'ailleurs fait la sonde Hayabusa 2: le 3 décembre 2015, elle est passée à 3000 km de la Terre, augmentant sa vitesse de 6000 km/h.

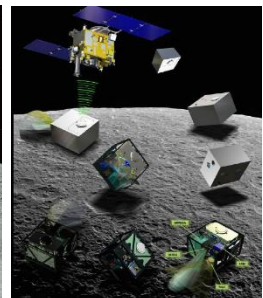
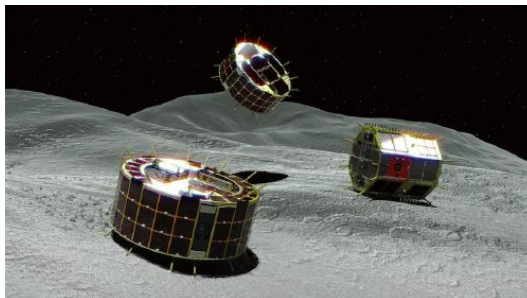
Augmenter sa vitesse de 6000 km/h sans que ça nous coûte une goutte de carburant, c'est une bonne affaire, ça! Hayabusa a donc pris son temps pour parvenir à Ryugu et, ce faisant, elle a pu emporter davantage de matériel scientifique, n'est-ce pas? Qu'a-t-elle donc emporté de plus?

À la place d'importantes quantités de carburant, on a ajouté sur la sonde quatre petites sondes qui, si tout va bien, se poseront sur l'astéroïde.

Mais la mission de Hayabusa 2 n'est-elle pas de nous ramener des échantillons de cette petite planète?

Précisément. Et c'est là la beauté de la chose: du fait qu'en prenant son temps, on effectue davantage de travaux scientifiques. Ainsi, la mission première d'Hayabusa 2 est de prélever un kilogramme de sol de l'astre et de nous le rapporter afin qu'on puisse l'analyser en laboratoire.

Mais comme elle a utilisé la gravité terrestre pour se rendre à destination, on a ajouté sur la sonde quatre microsondes d'exploration du sol, dont la sonde MASCOT conçue par la France et l'Allemagne.



Pour larguer ses petites sondes, Hayabusa 2 s'approche à une soixantaine de mètres de l'astéroïde (à gauche), pour laisser tomber les microsondes MINERVA (au centre) et MASCOT (à droite).

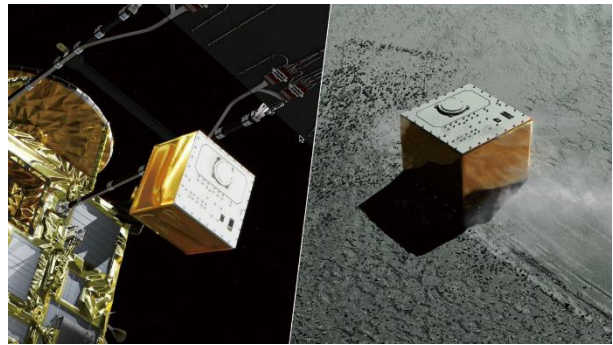
D'ailleurs, deux de ces microsondes se sont déjà posées sur Ryugu tandis qu'une troisième pourrait elle aussi s'y être déjà posée, n'est-ce pas?

En effet. Le 21 septembre, deux petites sondes japonaises MINERVA se sont



Avant le lancement de la sonde Hayabusa 2, un technicien installe sur elle la sonde MASCOT, un cube d'une trentaine de centimètres... qui s'est finalement posé sur Ryugu le 3 octobre.

posées avec succès sur Ryugu et nous ont transmis les premières images du sol d'un astéroïde. Et au moment où on enregistre notre balado, il est prévu que la sonde européenne MASCOT devrait tenter l'«aventure» le 3 octobre.



Atterrir sur une petite planète, c'est une opération risquée, n'est-ce pas, et même très difficile à réussir?

Tout à fait. J'imagine que bon nombre de ceux et celles qui nous écoutent ont en mémoire la tentative d'atterrissage du petit robot Philae sur la comète Tchouri le 12 novembre 2014. La sonde est apparemment tombée dans un ravin et/ou a culbuté contre un rocher...

Dans ce cas-ci, Hayabusa 2 largue ses sondes en descendant à soixante mètres seulement de Ryugu. Ces sondes tombent tout doucement vers l'astéroïde. Mais on ne contrôle pas où elles se posent; ce pourrait être dans un petit cratère ou contre un rocher...

Précisons que Ryugu est une petite planète de moins d'un kilomètre de diamètre et que, par conséquent, sa force de gravité est 80 000 fois plus faible que celle de la Terre. Les sondes tombent donc tout doucement vers elle... comme des flocons de neige.

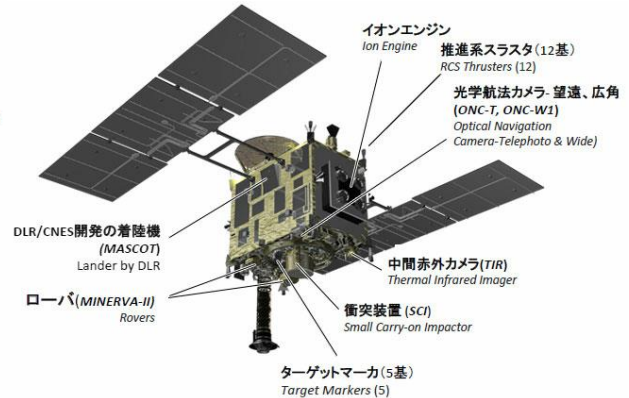
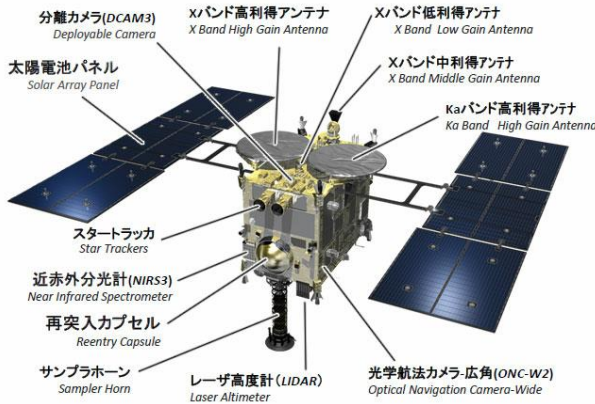
Hayabusa 2 transporte avec elle trois minuscules sondes-atterrisseurs appelées MINERVA et conçues par les Japonais. Ces microsondes ne pèsent que 1,5 kg chacune. Elle transporte aussi l'atterrisseur franco-allemand MASCOT – l'abrégié de *Mobile Asteroid surface SCOuT* – qui ne pèse que 10 kilos. Si tout s'est bien passé, normalement, deux MINERVA et MASCOT ont déjà été larguées [c'est le cas], tandis que la troisième MINERVA le sera plus tard.

Et après avoir largué ces microsondes, Hayabusa 2 poursuivra sa mission d'exploration de Ryugu?

Oui. Elle a amorcé ses études de petit astéroïde en juillet, études qui, normalement, se poursuivront jusqu'en février. Entre-temps, Hayabusa 2 frôlera plusieurs fois Ryugu afin d'y prélever une certaine quantité de sol. L'opération n'est pas facile, car elle exige une extraordinaire précision de navigation. Les contrôleurs japonais doivent faire preuve

d'une incroyable maîtrise afin de frôler l'astéroïde d'assez proche pour le toucher mais sans s'y écraser. Et une fois qu'ils auront accumulé suffisamment d'échantillons — peut-être jusqu'à 1,5 kilo —, ils télécommanderont le retour de

la sonde vers la Terre. Si tout se passe bien, Hayabusa 2 devrait se poser en Australie, à l'aide de parachutes, en décembre 2020. Ce sera alors un exploit remarquable!



Anatomie de la sonde Hayabusa 2.

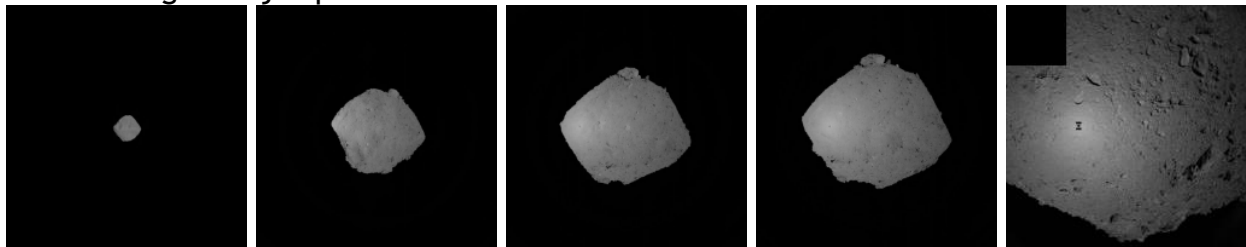
Mais j'y pense, pourquoi parle-t-on de Hayabusa... 2? Y a-t-il eu une sonde Hayabusa !?

Oui. Hayabusa est le mot japonais pour désigner un faucon pèlerin. La sonde Hayabusa 1 a été lancée le 3 mai 2003 avec pour mission de récolter quelques grammes de l'astéroïde Itokawa. Elle a atteint sa cible en 2005. Cependant, sur place, la sonde a éprouvé mille et un ennuis techniques, échouant notamment à récolter une quantité appréciable de sol. Il lui a ensuite été difficile de regagner la Terre. Mais contre toute attente, les contrôleurs japonais sont parvenus à la guider jusqu'à nous. La sonde

s'est finalement posée le 13 juin 2010, ce qui a constitué un exploit sensationnel de la part des Japonais.

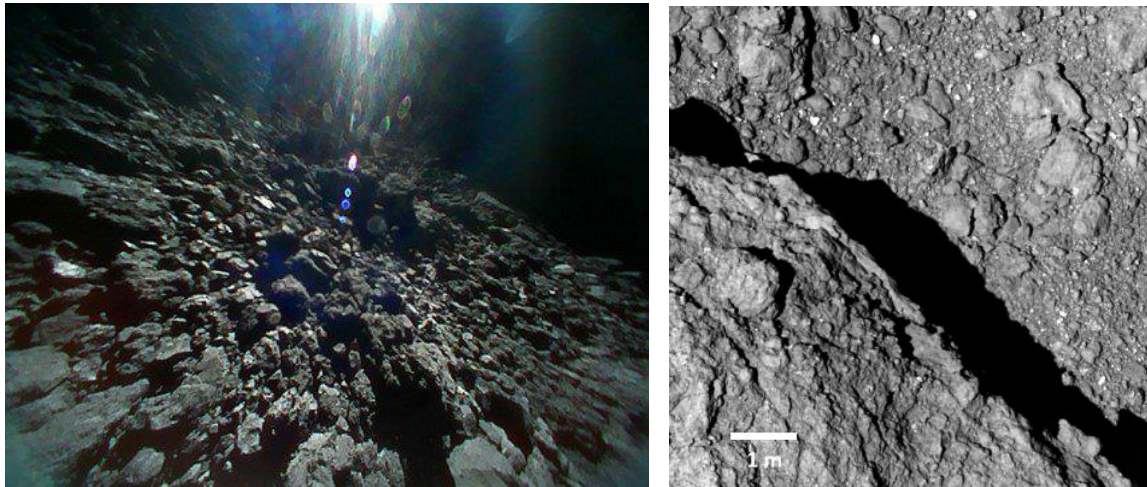
Et en examinant de près la capsule, les chercheurs ont découvert moins d'un gramme de poussière provenant de l'astéroïde Itokawa. C'était la première fois qu'on disposait d'échantillons prélevés à même un astéroïde.

Les Japonais tenteront donc de rééditer l'exploit ces prochains mois. Évidemment, ils ont tiré les leçons de la mission Hayabusa 1. Leur sonde Hayabusa 2 est nettement mieux équipée pour mener à bien sa mission... qui vaut la peine de suivre.

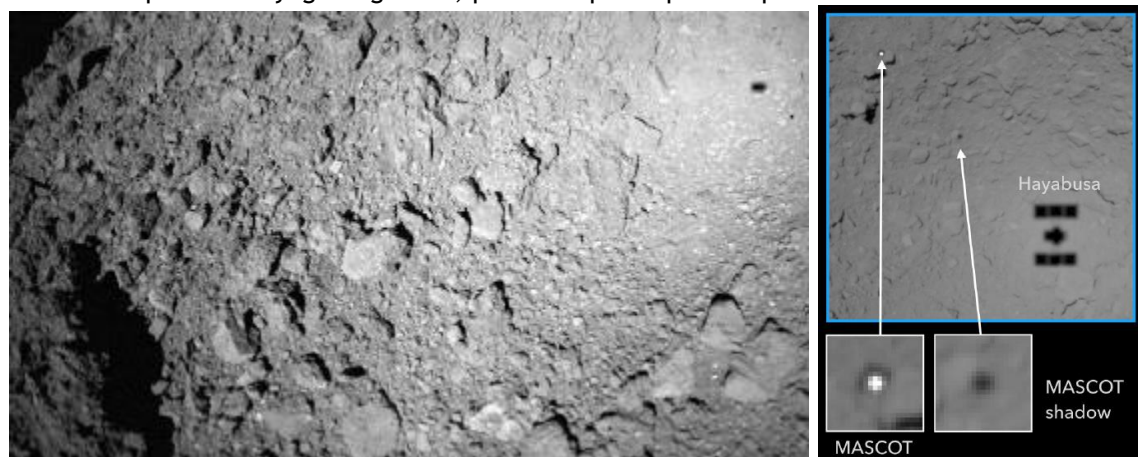


La sonde Hayabusa 2 s'approchant de Ryugu, un petit astre de moins de mille kilomètres.

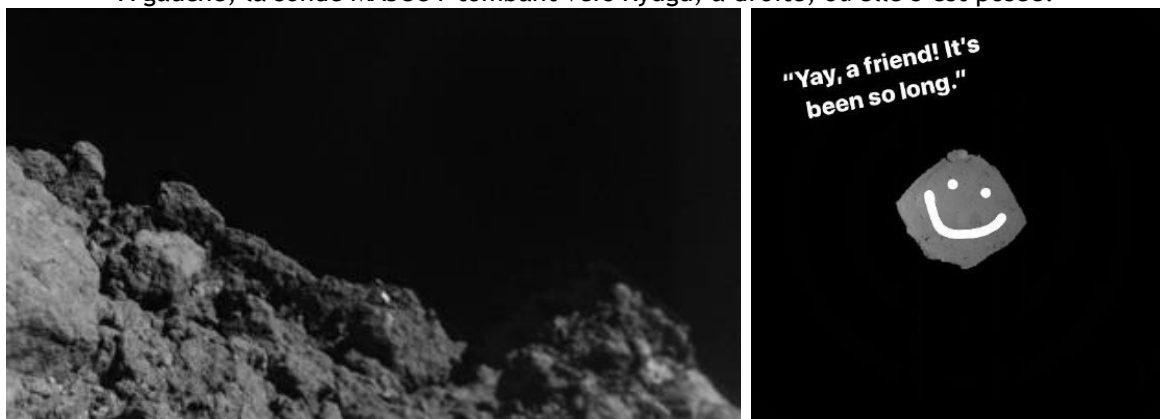
Quelques photos de l'astéroïde Ryugu prises par les sondes Hayabusa, MINERVA et MASCOT



Gros plans sur Ryugu: à gauche, première photo prise depuis le sol d'un astéroïde.



À gauche, la sonde MASCOT tombant vers Ryugu; à droite, où elle s'est posée.



À gauche, le sol très sombre de Ryugu photographié par MASCOT.
À droite, l'astéroïde se «montrant heureux» d'avoir reçu la visite de terriens!

Thème 2

BepiColombo: destination Mercure



Si tout va bien, dans deux semaines, une fusée Ariane 5 expédiera la sonde BepiColombo vers Mercure, la planète la plus proche du Soleil et encore peu étudiée. Il s'agit d'un projet européen réalisé en collaboration avec le Japon.

Cette mission présente plusieurs aspects inusités, à commencer par l'exploration de la planète Mercure. Curieusement, on a très peu exploré cette petite planète, en tout cas, beaucoup moins que Vénus et Mars. Mercure est-elle beaucoup moins intéressante que nos deux autres voisines?

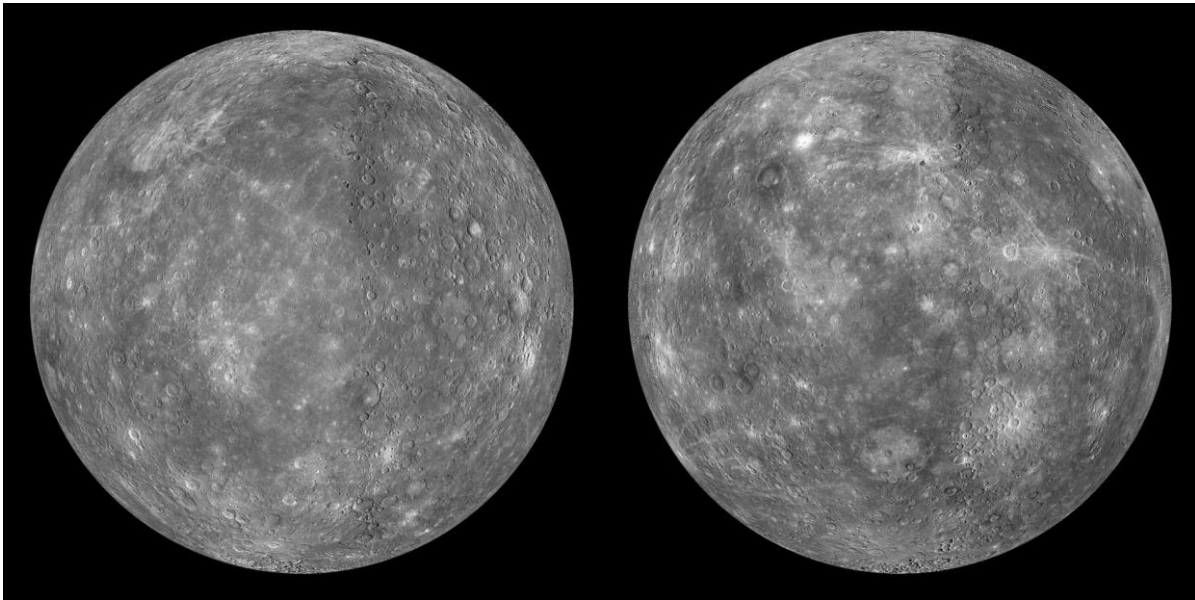
Il est en effet curieux de penser qu'en soixante ans d'exploration du Système solaire, seules deux sondes ont étudié Mercure. Ainsi, en 1973-74, la sonde américaine Mariner 10 a survolé trois fois Mercure, mais très brièvement. Puis, à

partir de 2011, la sonde américaine MESSENGER y a passé quatre années en orbite afin d'ausculter à fond la planète.

Ces sondes nous ont montré que Mercure ressemble à s'y méprendre à la Lune. Les deux astres sont d'ailleurs de taille semblable; elles font environ 4000 km de diamètre, soit trois fois moins que la Terre. Leur surface est grise, sans grande teinte et couverte d'un nombre incalculable de cratères. On pourrait presque considérer qu'on a ici affaire à deux astres semblables mais dont l'un gravite autour d'une étoile et l'autre autour d'une planète. En ce sens, il est intéres-

sant de les comparer pour voir leurs différences et leurs points communs. Autrement dit: qu'est-ce que ça change que de

graviter à 58 millions de kilomètres du Soleil plutôt qu'à 385 000 kilomètres de la Terre?



Les deux hémisphères de Mercure: la principale différence entre cette planète et la Lune, c'est l'absence de 'mers', les taches foncées qu'on voit sur la face visible de notre satellite naturel.

Mercure n'apparaît donc pas aussi intéressante à étudier que Vénus, Mars et autres planètes?

En fait, il est intéressant de poursuivre notre exploration de Mercure – cette planète a sûrement encore beaucoup à nous apprendre (ne serait-ce qu'à cause de sa proximité d'avec le Soleil), mais c'est une planète très difficile d'accès... davantage même que Jupiter et Saturne, si distantes soient-elles de nous.

Comment cela? Pourquoi est-ce si difficile d'atteindre Mercure, qui se trouve pourtant des dizaines de fois plus proche de nous que Jupiter et Saturne?

Le problème, c'est que lorsqu'on lance une sonde en direction de Mercure, on se dirige vers le Soleil, ce qui pose deux problèmes majeurs: problème de vitesse et problème de chaleur.

En effet, en se dirigeant vers Mercure, on se trouve à plonger vers le Soleil. Ce faisant, la vitesse de la sonde tend à croître considérablement... beaucoup trop pour qu'il soit ensuite facile de freiner au moment d'arriver à Mercure. Il faut donc trouver le moyen de se rapprocher de cette planète et du Soleil en acquérant le moins possible de vitesse.

Ensuite, Mercure gravitant trois fois plus proche du Soleil que la Terre, il y fait donc très chaud. Les températures au voisinage de Mercure atteignent les 350° Celsius. Il faut donc être «fait fort» pour résister à l'environnement mercurien et donc concevoir nos sondes pour que leurs équipements électroniques résistent aux radiations ardentes du Soleil.

Il faut donc emporter beaucoup de carburant pour compenser la vitesse qu'on acquerra en plongeant vers Mercure?

Ça pourrait être une solution mais la quantité de carburant à emporter risque de devenir prohibitive si on désire y faire parvenir une sonde équipée de nombreux instruments scientifiques (donc lourde). Mais on peut aussi recourir à une astuce dont on vient de parler: l'assistance gravitationnelle d'une planète.

Tu veux dire: se servir de la gravité d'une planète pour... *ralentir* sa vitesse, plutôt que pour accélérer? Est-ce possible?

Tout à fait. En pratique, selon la façon dont on s'y prend pour passer près d'une planète, on peut soit acquérir de la vitesse grâce à elle – comme l'a fait la sonde Hayabusa 2 pour parvenir jusqu'à Ryugu – ou au contraire se servir d'une planète pour perdre de la vitesse. Mais même dans le cas de Mercure, c'est très difficile puisqu'on doit perdre *beaucoup* de vitesse.

Comment cela?

Comme je l'ai indiqué, pour parvenir jusqu'à l'orbite de Mercure, il faut s'approcher du Soleil. Et comme celui-ci exerce une immense force de gravité – la gravité à la surface du Soleil est 27 fois supérieure à celle de la Terre –, celle-ci

a tendance à conférer beaucoup de vitesse à l'engin qui s'en approche.

C'est ainsi que la sonde BepiColombo utilisera l'assistance gravitationnelle de *trois* planètes, la Terre, Vénus et Mercure, au cours des 7 prochaines années.

Tu veux dire que BepiColombo mettra sept années pour «descendre» jusqu'à Mercure? Sept années, alors qu'il faut moins de huit mois pour se rendre à Mars?

Eh oui. Voilà qui illustre la difficulté d'explorer la proche voisine du Soleil. Normalement, BepiColombo s'envolera de Kourou le 18 octobre. Comme toute sonde interplanétaire, elle se placera en orbite autour du Soleil. Elle passera aux abords de la Terre en avril 2020, en profitant pour perdre de la vitesse. Puis, en 2020 et 2021, elle passera deux fois par Vénus alors qu'entre 2021 et 2025, elle frôlera six fois Mercure. Et chaque fois, elle perdra une partie de la vitesse que lui confèrera sa descente vers le Soleil. Si tout va bien, BepiColombo se placera en orbite autour de Mercure le 5 décembre 2025.

C'est dire qu'elle utilisera neuf fois l'assistance gravitationnelle de trois planètes pour parvenir à destination. Incroyable!



Assistances gravitationnelles dont bénéficiera la sonde BepiColombo, de son lancement en octobre 2018 à son arrivée à Mercure en décembre 2025.

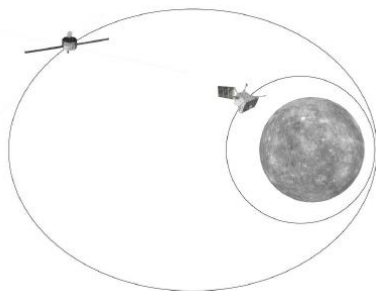
Et que fera cette sonde en orbite autour de Mercure?

Une autre particularité de la mission, c'est qu'il s'agit de deux sondes. Il y a ainsi une sonde européenne qui se placera en orbite polaire assez basse (de 500 × 1500 km) afin d'ausculter en détail la planète durant une année. Et une seconde sonde, japonaise celle-là, se placera sur une orbite polaire plus élevée (de 600 × 12 000 km) afin d'étudier la magnétosphère de la planète, c'est-à-dire les conditions qui règnent à haute altitude au-dessus de Mercure.

Normalement, les deux engins doivent fonctionner durant une année, mais si elles résistent bien aux rigueurs de l'environnement mercurien, elles pourraient poursuivre leurs missions durant au moins une bonne année.

On aura sûrement l'occasion d'en reparler éventuellement. Mais j'y pense: pourquoi cette mission s'appelle-t-elle BepiColombo, un curieux nom, me semble-t-il?

Le projet a été baptisé en l'honneur d'un grand chercheur italien, Giuseppe Colombo, dit Bepi Colombo, décédé en 1984. Celui-ci a joué d'importants rôles dans l'exploration de Mercure; notamment, dans les années 1970, c'est lui qui a imaginé qu'on pourrait atteindre Mercure grâce à l'assistance gravitationnelle de Vénus.



Orbite des deux sondes autour de Mercure.



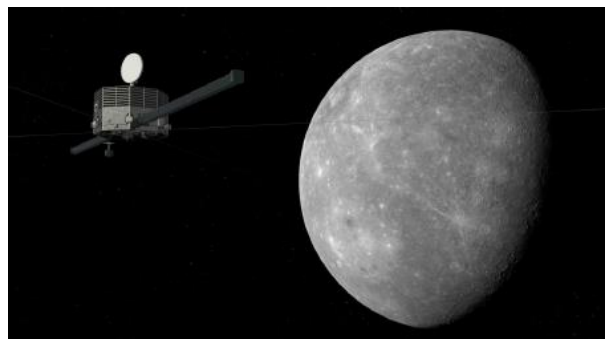
Le tandem BepiColombo lâgué de l'étage supérieur de la fusée porteuse Ariane V.



BepiColombo en route vers Mercure...



La sonde européenne MPO (Mercury Planetary Orbiter).



La sonde japonaise MMO (Mercury Magnetospheric Orbiter).

Thème 3

InSight et les «sept minutes de terreur»



Comme nous l'avons rapporté ce printemps, le 5 mai dernier, la NASA a lancé la sonde InSight à destination de la planète Mars. Celle-ci mettra six mois et trois-quarts pour parvenir à destination. C'est ainsi que le 26 novembre prochain, elle se posera sur Mars.

Rappelons qu'en 1976, les Américains ont accompli les premiers atterrissages sur Mars avec leurs sondes Viking Lander 1 et 2. Et depuis 1997, ils ont réussi cinq autres atterrissages mais en ont raté un (la mission *Mars Polar Lander* de 1998). De la sorte, la NASA a déposé quatre astromobiles qui ont réalisé d'impressionnantes études du sol martien. J'imagine que l'évocation du nom de ces «géologues sur roues» vous dira quelque chose: Sojourner, Spirit, Opportunity et Curiosity. (Seul ce dernier est encore actif.)

Face à un tel bilan, on peut imaginer que les Américains maîtrisent bien l'art de se poser sur Mars, n'est-ce pas?

Oui et non. Oui, puisqu'ils n'ont raté qu'un atterrissage sur huit mais, d'un autre côté, il faut savoir qu'il s'agit chaque fois d'une opération très complexe et, surtout, extrêmement risquée.

Le fait que les Américains aient réussi sept atterrissages peut laisser croire que c'est chose facile, mais il n'en est rien. En réalité, c'est la phase de la mission que les ingénieurs redoutent le plus et qu'ils ont baptisé *Les sept minutes de terreur!*

«Les Sept minutes de terreur» disent les ingénieurs? Wow! Pourquoi ça?

Imaginez. On a lancé la sonde InSight vers Mars en mai dernier. Durant plus de six mois, elle s'est dirigée vers sa cible sans qu'il ne se passe grand-chose. On peut avoir l'impression qu'elle vogue sur une mer calme sans qu'il ne s'y passe grand-chose. Et si jamais surgit un problème, les contrôleurs et ingénieurs disposent de tout le temps pour le régler. Mais voilà qu'au moment d'aborder la planète, les événements se précipitent.

Que se passe-t-il au juste? Pour se poser sur Mars, la sonde doit perdre complètement la vitesse avec laquelle elle file, et perdre cette vitesse en quelques minutes seulement. Dans le cas de Mars, cette vitesse est de 20 000 km/h – vitesse qui doit être ramenée à zéro en moins de sept minutes. Pour ce faire, la sonde recourt à une série de systèmes de freinage qui doivent tous fonctionner à la perfection et se succéder les uns aux autres à la seconde près, sans quoi, ce sera la catastrophe.

Et comme tout se déroule en quelques minutes seulement, tout se fait automatiquement et il n'y a aucune place pour l'intervention humaine. Tout doit donc parfaitement s'enchaîner automatiquement et du premier coup.

Et le comble, c'est qu'il est beaucoup plus difficile de se poser sur Mars que sur Terre ou sur la Lune.

Ah oui? Comment ça? Quelles différences entre se poser sur la Terre, sur la Lune ou sur Mars?

Bizarrement, Mars offre à la fois les désavantages de se poser sur la Terre et sur la Lune, mais pas les avantages de l'une ou de l'autre!

Eh bien, explique...

Il faut comprendre que, lorsqu'on cherche à se poser sur un astre – une planète, une lune, un astéroïde ou une comète – il faut trouver le moyen de perdre la vitesse que notre sonde a acquis pour s'y rendre en plus de celle qu'elle acquiert en descendant vers cet astre. Et dans chaque cas, on doit tenir compte des caractéristiques de l'astre et de la vitesse avec laquelle on l'aborde.

Dans le cas d'un engin qui aborde la Terre, sa vitesse sera de l'ordre de 40 000 km/h, vitesse qu'il doit perdre en traversant les couches denses de l'atmosphère dans les dernières minutes de vol.

À cette fin, l'engin ralentit sa course grâce, dans un premier temps, à un bouclier thermique qui dissipe la friction de l'air. La rentrée dans l'atmosphère est à la fois un inconvénient et un avantage. L'inconvénient, c'est que si on ne protège pas adéquatement son vaisseau, celui-ci se consumera comme un météore. Par contre, bien protégé (par un bouclier thermique), la friction de l'air de l'atmosphère permet de perdre une grande portion de la vitesse du vaisseau – environ 90% des 40 000 km/h qu'on a en abordant la Terre.

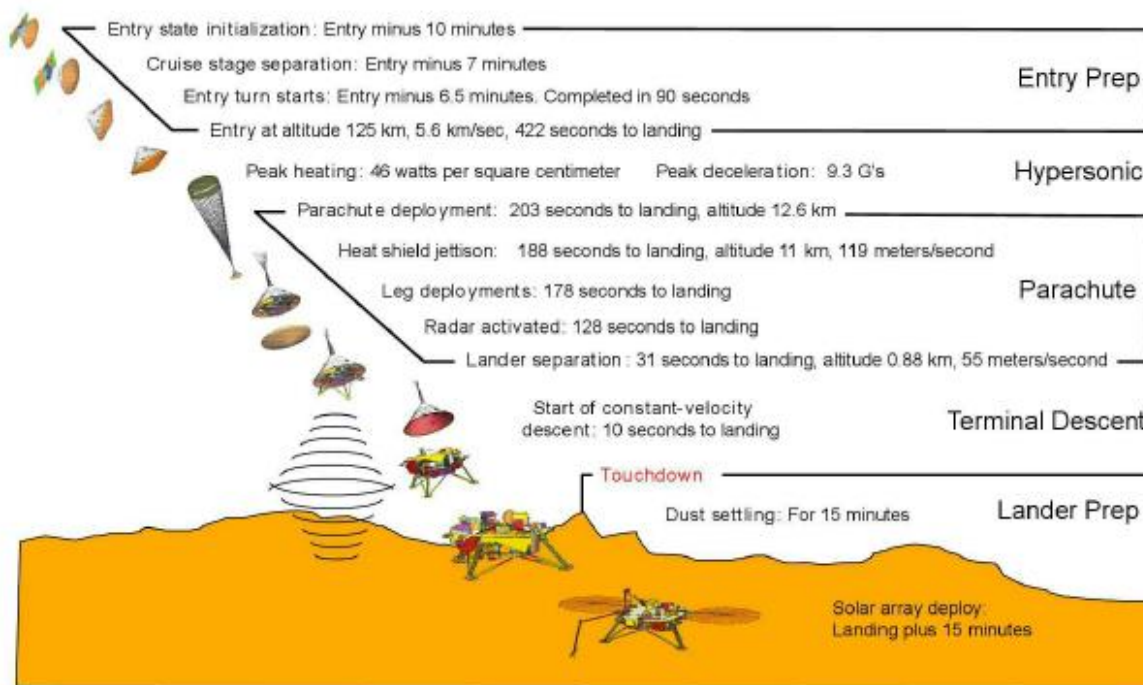
Ensuite, on utilise des parachutes pour freiner sa descente jusqu'au sol; on perd alors 90% de la vitesse résiduelle. Si on se pose en mer, l'eau absorbera tout simplement le 10% restant. (C'est ce que faisaient les astronautes d'Apollo en revenant de la Lune.) Si, par contre, on désire se poser sur la terre ferme, on utilise dans les dernières secondes de la descente des moteurs-fusée pour stopper complètement sa course.

Dans le cas de la Lune, il n'y a pas d'atmosphère pour nous aider à freiner; c'est dire qu'on n'a pas besoin de bouclier thermique pour éviter de fondre,

mais on ne peut pas non plus utiliser des parachutes ni, bien sûr, adoucir sa course en amerrissant. On doit tout simplement utiliser des moteurs-fusée pour freiner complètement sa descente. Heureusement, comme la Lune est beaucoup moins massive que la Terre, sa force de gravité est beaucoup plus faible; on l'aborde donc à la vitesse de 10 000 km/h, et non pas 40 000 km/h.

Dans le cas de Mars, il y a une atmosphère, mais cent fois plus ténue que celle de la Terre. Or, la présence de cette atmosphère nous oblige à protéger notre

vaisseau contre la friction de l'air, mais elle est trop ténue pour permettre un freinage efficace. De même, on peut utiliser des parachutes, mais ceux-ci doivent être immenses – beaucoup plus grands que leurs équivalents terrestres – pour assurer un freinage moins efficace... Et en fin de course, il faut utiliser des moteurs-fusée, comme pour un atterrissage sur la Lune. Rappelons enfin qu'on aborde la planète Mars à la vitesse de 20 000 km/h, ce qui est moins que les 40 000 km/h de la Terre mais davantage que les 10 000 km/h de la Lune.



Enchaînement des manœuvres très complexes pour parvenir à se poser sur Mars.

C'est ce que les ingénieurs appellent «Les Sept minutes de terreur»?

Oui car, alors qu'il ne s'est pratiquement rien passé durant les mois qu'a mis la sonde pour parvenir jusqu'à Mars, voilà que les événements se précipitent dans les dernières sept minutes de vol tandis que les ingénieurs ne peuvent rien faire.

Ils sont condamnés à observer ce qui se passe, en espérant que leur «bébé» – auquel ils ont consacré des années de leur vie – se posera indemne.

Une [vidéo de la NASA](#) montre l'atterrissage de la sonde Curiosity. Vous verrez la violence, la complexité et la rapidité d'un atterrissage sur Mars comme doit le réaliser la sonde InSight le 26 novembre

prochain. C'est une vidéo époustouflante.

Cette vidéo montre l'atterrissage qui a amené l'astromobile Curiosity sur Mars en 2012. Est-ce que ce sera la même technique qui sera employée pour l'atterrissage d'InSight?

Oui. InSight se posera de la même façon, c'est la raison pour laquelle la NASA parle encore des «Sept minutes de terreur» tout en insistant beaucoup sur le fait qu'un atterrissage sur Mars demeure toujours une opération extrêmement risquée, malgré les succès du passé. Elle insiste d'ailleurs énormément sur ce point: les risques d'échec sont élevés.

Et même si toutes les manœuvres de freinage se déroulent à la perfection, il y a toujours le risque qu'en bout de course, la sonde se pose sur un sol accidenté, avec la possibilité de se renverser dans un cratère ou contre un rocher, n'est-ce pas?

Oui et non. Oui, ce risque existe, mais il est amoindri parce que la sonde utilise dans sa dernière minute de descente un radar qui détecte les accidents de terrain. Ainsi, si ce radar voyait que la sonde se dirige vers un écueil, il peut modifier sa trajectoire pour se poser en zone moins accidentée. La sonde dispose donc d'un pilote qui la guide en lieu sûr.

Ce sera à suivre. InSight doit se poser sur Mars lundi le 26 novembre vers 15 h., heure de la côte Est de l'Amérique, soit vers 20 h., en temps universel.

Parlons maintenant de la mission d'InSight. Le nom de l'engin a été formé à partir des premières lettres des mots:

Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport. Voilà une appellation très complexe, un peu tirée par les cheveux, me semble-t-il. Difficile de comprendre ce que signifie au juste cet enchaînement de termes, mais c'est en fait un «jeu de mot», n'est-ce pas?

En effet. Les responsables de la mission rappellent qu'en anglais, le mot «in-sight» signifie «voir les choses de l'intérieur, en profondeur. Voir l'intérieur des choses...», comme lorsque vous faites partie d'une organisation et que vous voyez comment ça se passe de l'intérieur.

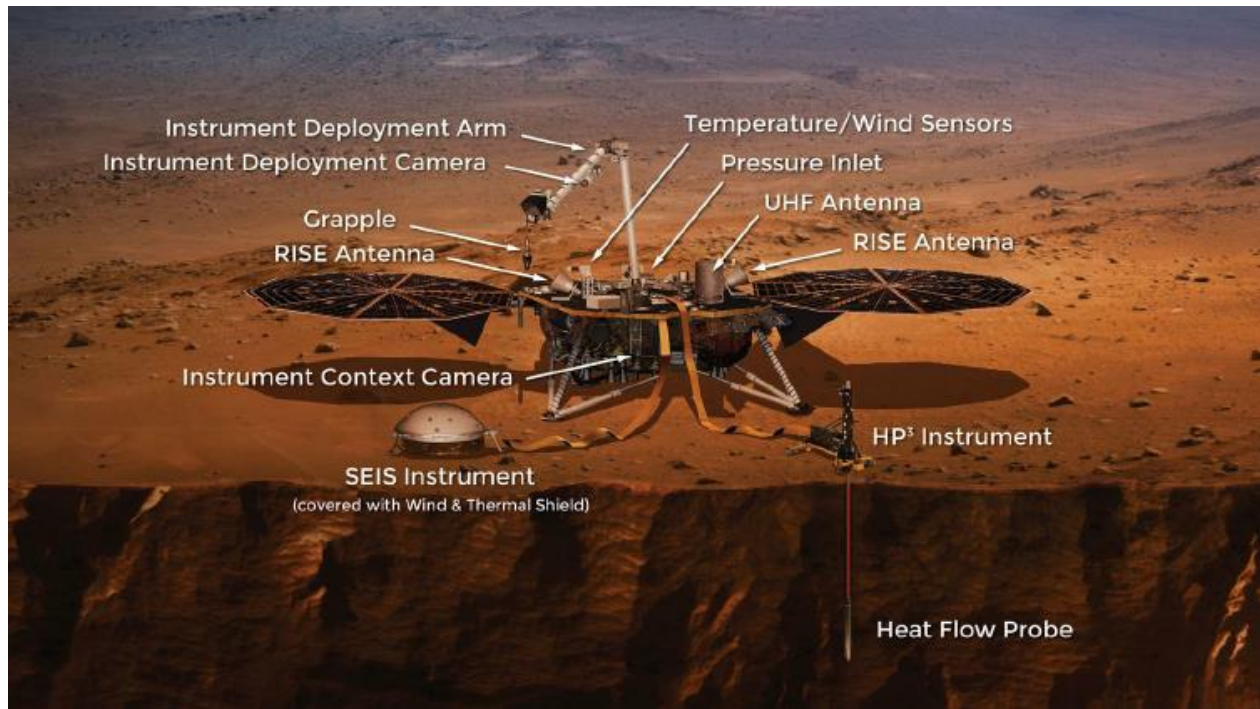
C'est ainsi que la sonde InSight sera la première à sonder l'intérieur de la planète Mars.

Jusqu'à présent, on a étudié Mars grâce à des sondes placées en orbite, qui nous ont donné une vue d'ensemble de la planète. On a aussi étudié et analysé le sol de Mars, notamment à l'aide de géologues sur roues. On a aussi étudié l'atmosphère et l'environnement entourant la planète, mais jamais n'a-t-on étudié son intérieur. Or, c'est précisément ce que fera InSight.

Comment s'y prendra-t-elle?

InSight emporte avec elle trois instruments scientifiques.

D'abord, elle déposera à la surface de Mars un sismomètre qui enregistrera les tremblements de sol. L'appareil est ultra-sensible et pourra enregistrer le moindre tremblement, que celui-ci soit dû à un déplacement souterrain, à un éboulement de terrain, à la chute d'un météore ou quoi d'autre encore. Or, pour les géologues, l'étude des tremblements de sol révèle énormément de choses sur la structure interne d'une planète, un peu



Anatomie de la sonde InSight.

comme lorsqu'un médecin nous ausculte avec son stéthoscope.

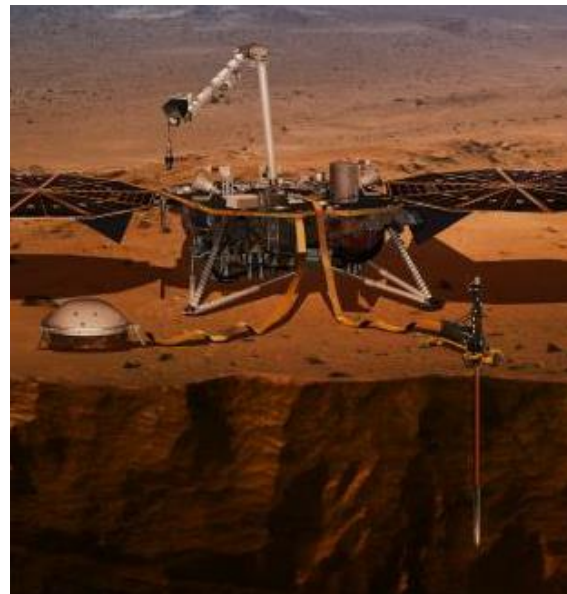
Ensuite, la sonde prendra la température interne de la planète?

Exactement. InSight tentera de placer à cinq mètres dans le sol martien un thermomètre afin de mesurer la température intérieure de la planète. Cette mesure de température, ainsi que les variations qu'on peut déceler, révéleront beaucoup sur la nature de l'intérieur de la planète, par exemple si son centre est encore chaud (de combien?) ou s'il est plutôt refroidi.

Placer le thermomètre à cinq mètres dans le sol de Mars sera une opération difficile ou facile à réaliser?

Voilà qui pourrait nous réserver des surprises si on se rappelle l'énorme difficulté que les astronautes d'Apollo ont eu à placer un thermomètre à seulement un

mètre de profondeur dans le sol lunaire. L'opération martienne pourrait révéler des surprises et, par le fait même, nous en apprendre beaucoup sur la nature du sol. Creuser jusqu'à cinq mètres se fera très lentement; cela pourrait prendre jusqu'à un mois. Ce sera à suivre.



La sonde InSight parviendra-t-elle à placer son thermomètre à cinq mètres sous le sol?

Et la troisième expérience vise à étudier le noyau de la planète, situé à 3000 km de profondeur. Comment la sonde s’y prendra-t-elle?

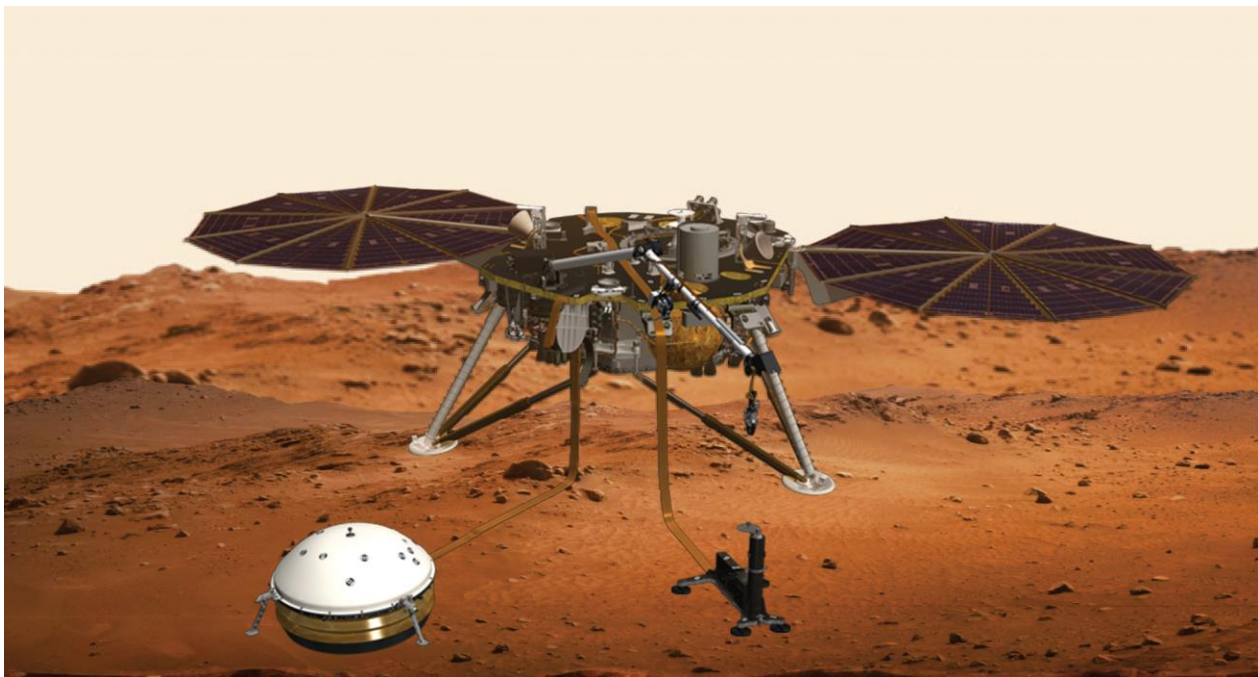
InSight utilisera un radar afin de mesurer précisément les oscillations de la planète. Il faut savoir que tout au long de sa course autour du Soleil, la planète tourne sur elle-même en 24 heures et demie. Mais ce mouvement de rotation n’est pas parfaitement régulier, la planète oscille légèrement sur son axe de rotation (un peu comme une toupie qui ne tournerait pas parfaitement rondement). Or, à l’aide d’un radar placé sur la sonde, les scientifiques seront capables de mesurer ces très faibles mouvements d’oscillation, et par le fait même de déduire ce qui se cache à l’intérieur de Mars.

Si je comprends bien, la mission InSight ne sera pas aussi spectaculaire que les précédentes, notamment celles réalisées par les astromobiles, mais ce sera une mission scientifique fort importante tout de même?

Eh oui. Ce sera moins spectaculaire que certaines missions du passé, mais la sonde étant munie d’appareils photos, elle nous fera découvrir de nouveaux paysages martiens – ce qui est toujours intéressant. Qui sait ce qu’elle nous montrera.

Cette mission comporte également deux aspects inédits. Le premier, c’est la présence de deux expériences qui proviennent de la France et de l’Allemagne, n’est-ce pas?

Eh oui. Habituellement, lorsque la NASA envoie une sonde sur Mars, les principales expériences sont d’origine américaine (avec, à l’occasion une contribution internationale). Cependant, dans le cas d’InSight, les deux principales expériences – le sismomètre et le thermomètre – ont été fournies respectivement par la France et par l’Allemagne. C’est là une «première» qui illustre à merveille le fait que l’exploration du Système solaire se fait dorénavant par tous les pays du monde.



Le sismomètre français déposé sur Mars (à gauche). Sur la droite, on voit le thermomètre allemand.

On en a aussi profité pour expédier jusqu'à Mars les deux premiers «microsatellites interplanétaires». De quoi s'agit-il?

La NASA a profité du lancement d'InSight pour y ajouter deux microsatellites, dits MarCO. Ces microsatellites ont la taille de petite valise et ne pèsent que 13½ kilos chacun. C'est la première fois qu'on expédie ce genre d'engin dans le Système solaire.

Or, chaque année maintenant, on place en orbite terrestre des douzaines de microsatellites (plus d'une centaine certaines années) – des satellites qui ont la taille d'une boîte à chaussures et qui ne pèsent que quelques kilos tout au plus. Mais c'est la première fois qu'on en expédie deux dans le Système solaire.

Il s'agit de simples «démonstrations technologiques» pour voir s'il est possible de demeurer en contact radio avec des microsatellites à si grande distance. Si oui, cela ouvrira des possibilités intéressantes d'exploration des planètes, petites et grandes, à bas coûts grâce aux microsatellites.

Ainsi donc, ce sera très intéressant de suivre la mission InSight, à partir du lundi 26 novembre.

Eh oui. J'invite tout le monde à suivre en direct l'atterrissage de la sonde, qui sera retransmis en direct sur le canal [NASA TV](#) via Internet. Vous verrez, c'est palpitant de voir comment ça se passe en direct... surtout lorsqu'on ignore si l'atterrissage a réussi ou non.

Thème 4

OSIRIS-REx: préparer l'avenir... au cas où?

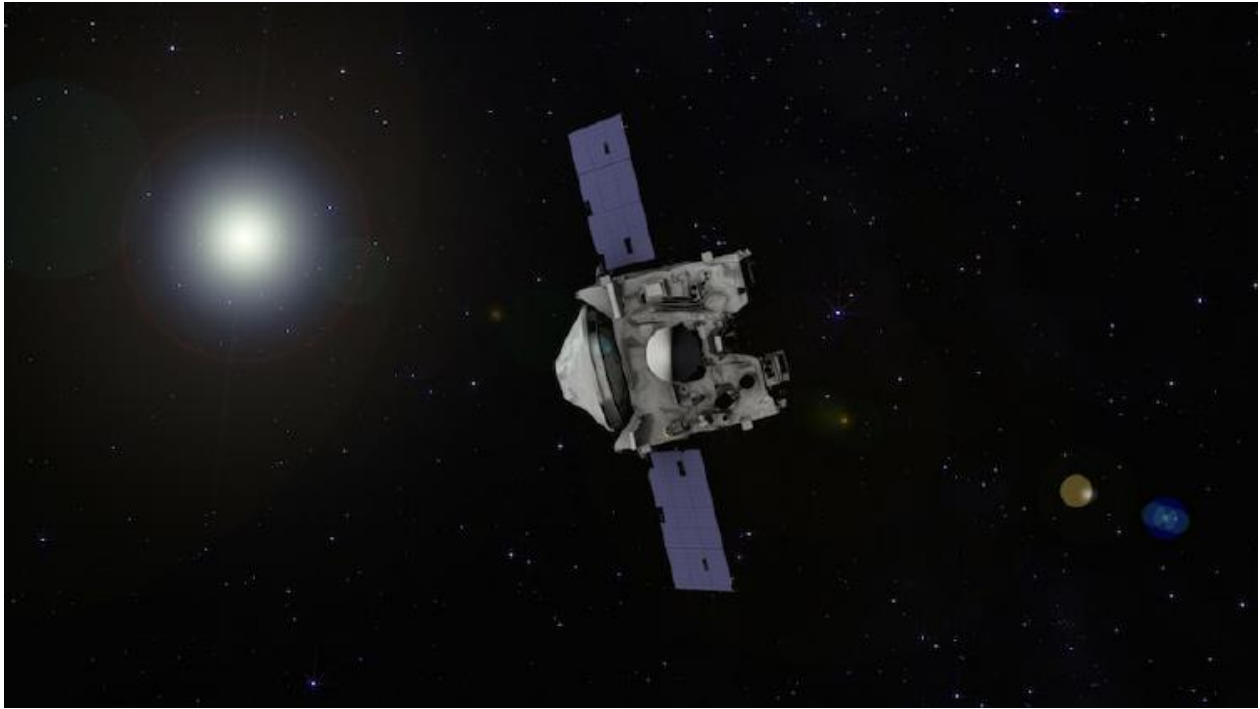
Une autre mission que mène la NASA actuellement, et qui porte un nom bizarre est OSIRIS-REx. Ce nom est formé d'un assemblage invraisemblable de mots: Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, and Security – Regolith Explorer. Quel étrange nom, n'est-ce pas?

Oh que si, bien étrange en effet. Je ne sais pas pour vous, mais pour moi, ce nom évoque une sorte d'animal préhistorique..., peut-être à cause de sa terminaison en «rex», dans la lignée des T-Rex

peut-être? Par ailleurs, on sait qu'Osiris est un dieu de la mythologie égyptienne qui, dit-on, aurait inventé l'agriculture et la religion.

Mais dans notre cas, il s'agit d'une mission visant à récolter un échantillon d'un astéroïde, mission assez semblable à celle de la sonde japonaise Hayabusa 2 dont on a parlé plus tôt.

D'ailleurs, OSIRIS-REx a été lancée il y a deux ans, le 8 septembre 2016, et elle s'est aussi servie de l'assistance gravitationnelle de la Terre pour parvenir à sa

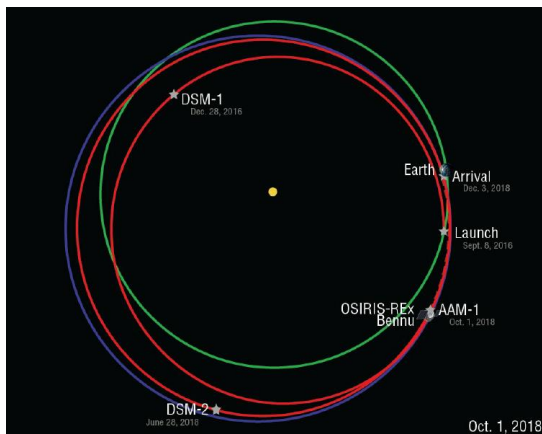


cible: l'astéroïde Bennu. Il s'agit donc de faire la même chose?

Oui. Comme Ryugu, cet astéroïde est une petite planète (deux fois plus petite) qui gravite sur une orbite proche de celle

de la Terre (comme son compère japonais).

OSIRIS-REx est arrivée aux abords de Bennu en août. Puis, à partir d'octobre et durant près de deux ans, elle l'auscultera afin, entre autres, de repérer l'endroit idéal pour y prélever un échantillon.



À gauche, trajectoire empruntée par la sonde OSIRIS-REx. À droite, l'astéroïde Bennu.

Et cet échantillon sera rapporté sur Terre?

Oui. Les responsables de la mission espèrent prélever au moins 60 grammes de sol de Bennu, et peut-être même

jusqu'à 2 kilos. Ce prélèvement devrait avoir lieu à l'été 2020.

Par la suite, la sonde devrait quitter les parages de Bennu entre mars 2021 et

avril 2022 pour finalement revenir se poser sur Terre, dans le désert de l'Utah, le 24 septembre 2023.

Il me semble qu'une différence entre cette mission et celle d'Hayabusa 2, est que la sonde américaine mettra beaucoup plus de temps pour accomplir sa mission, n'est-ce pas?

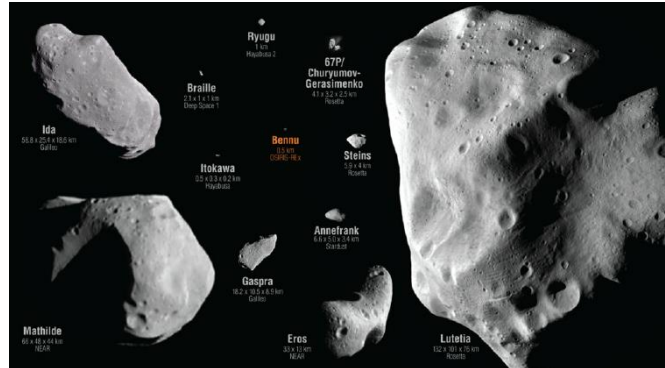
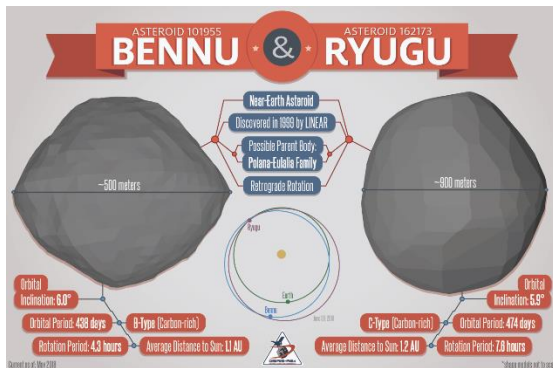
C'est le cas, puisque la NASA désire étudier le plus longtemps possible Benu afin de recueillir le maximum d'information scientifique... pour des raisons de «sécurité».

«Pour des raisons de sécurité» dis-tu, comment ça?

Oui. L'astéroïde Benu croise de temps à autre l'orbite de la Terre et on craint qu'éventuellement, il entre en collision avec nous. Mais disons-le bien: *éventuellement* – un jour, *peut-être* – mais pas avant *au moins* cent ans.

Mais *éventuellement*, dans plus d'un siècle, *il se pourrait* qu'on ait à intervenir afin d'éviter que Benu ne s'écrase sur Terre... ce qui aurait évidemment de terribles conséquences.

On cherche donc à acquérir le maximum de choses à son sujet et à déterminer avec le plus de précision possible son orbite, sa masse, ses formes et autres caractéristiques en se disant qu'un jour, peut-être que tout cela nous sera utile.



Comparaison des deux astéroïdes Benu et Ryugu (à gauche) et avec quelques autres astéroïdes. (Le minuscule Benu se trouve au centre de l'illustration de droite.)

Rappelons qu'on estime qu'un astéroïde de dix kilomètres s'est abattu sur Terre il y a 66 millions d'années, ce qui a entraîné la perte des dinosaures. Imaginons ce que l'écrasement d'un astéroïde de 500 mètres risquerait de faire...

Peut-on songer à détruire l'astéroïde – à le pulvériser tout simplement – avant qu'il ne nous tombe dessus?

En fait, la solution la plus simple et la plus sûre ne consiste pas à pulvériser un astéroïde dangereux – comme on le voit parfois au cinéma – mais plutôt à altérer

légèrement sa trajectoire. Il s'agit de changer son orbite afin qu'il passe à côté de la Terre. C'est beaucoup plus simple et, surtout, nettement moins risqué que de le faire exploser. Et pour ce faire, il est important de connaître l'orbite exacte que suit l'astre et sa masse, afin de déterminer l'impulsion à donner pour altérer sa trajectoire.

Pourquoi est-ce si dangereux de pulvériser un astéroïde? En le détruisant, ne réglerait-on pas «le problème» une fois pour toute?

Par vraiment. Supposons qu'on voit venir un astéroïde droit sur nous et qu'on le fracasse en mille morceaux. Très bien. Mais on aura alors mille morceaux qui se dirigeront vers nous, car ces morceaux suivront exactement la même trajectoire que l'astéroïde qu'on vient de détruire. Vaut-il mieux subir la collision d'une rafale de milliers de «petits» astéroïdes plutôt que d'un gros? Rien n'est moins sûr... Tandis que si on altère la trajectoire de l'astéroïde afin qu'il évite la Terre, on règle notre problème de collision.

Pour ce faire, il s'agit de faire se poser sur l'astre une fusée dont les moteurs accélèrent ou ralentissent légèrement la vitesse de l'astre afin que celui-ci passe au niveau de l'orbite terrestre soit avant ou soit après notre planète, mais pas au même moment! Ça demandera du doigté, mais c'est une solution nettement plus favorable que la destruction de l'astre.

L'autre objectif de la mission OSIRIS-REx est de nous rapporter un échantillon de l'astéroïde Bennu. En quoi est-ce utile ou important?

L'intérêt d'obtenir un échantillon de Bennu, c'est qu'on estime qu'il est fait de la matière originelle qui a servi à la formation du Système solaire. C'est la matière à partir de laquelle s'est formée la Terre, de la matière dont l'existence n'aurait pas changé depuis la formation du Système solaire il y a 4,5 milliards d'années. Il s'agit donc d'un type de matière qu'on n'a jamais pu analyser en laboratoire.

La sonde OSIRIS-REx se placera en orbite autour de Bennu le 31 décembre prochain. On y reviendra éventuellement...

Thème 5

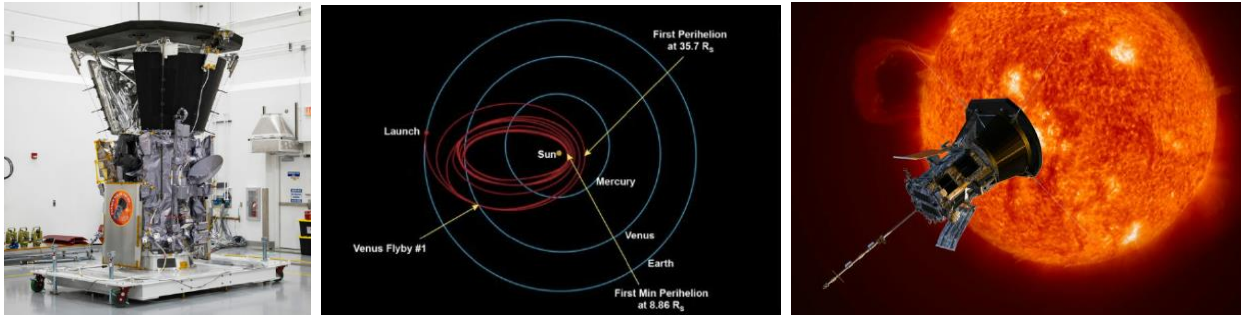
Pendant ce temps:

TESS, Parker et New Horizons

En outre, cet automne, trois autres engins spatiaux sont à l'œuvre à travers le Système solaire. Il y a d'abord la sonde solaire Parker, lancée le 12 août dernier et qui frôlera sous peu le Soleil pour une première fois, n'est-ce pas?

En effet. Parker est passée à proximité de Vénus il y a quelques jours (le 3 octobre) afin de perdre de la vitesse

(comme BepiColombo) pour «descendre» vers le Soleil. Le 5 novembre, elle passera à 24 millions de kilomètres du Soleil, devenant l'engin spatial à s'être le plus approché du Soleil. (Le record précédent, établi en 1976, était de 43 millions de kilomètres.) Parker étudiera ainsi l'atmosphère du Soleil pour observer ce qui s'y passe.



De gauche à droite: la sonde Parker sur Terre, sa trajectoire et observant le Soleil.

Tout comme BepiColombo, Parker se servira de Vénus – six fois – pour progressivement se rapprocher du Soleil, jusqu'à ne passer qu'à 6 millions de kilomètres, en 2024.

Par ailleurs, comme nous l'avons rapporté dans notre balado consacré à Pluton, la sonde New Horizons, qui a survolé la plus lointaine planète à l'été 2015, s'approche à présent de sa nouvelle cible: l'objet MU69 aussi appelé Ultima Thulée. New Horizons est en bonne voie d'atteindre sa cible, le 1^{er} janvier prochain, n'est-ce pas?

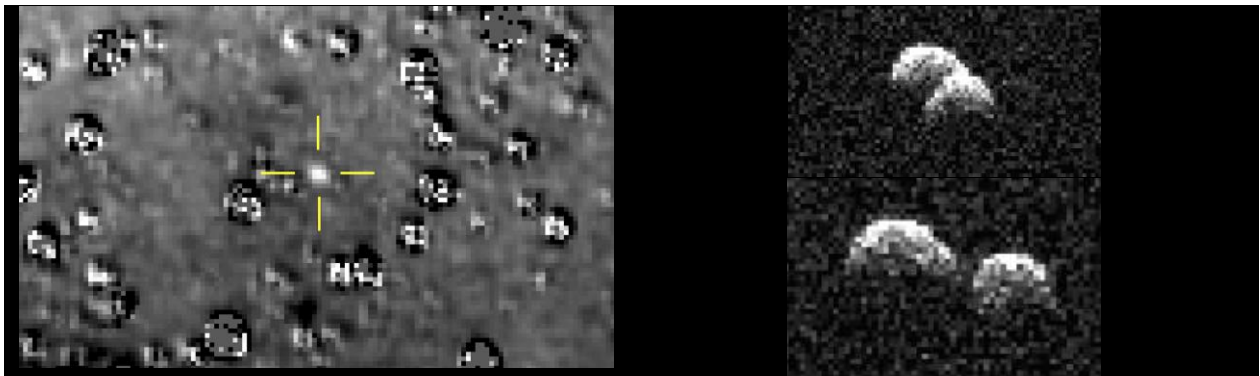
Exact. En fait, depuis le mois d'août, la sonde photographie régulièrement son objectif. Cette prise de photos a deux utilités.

D'une part, on ne sait pratiquement rien d'Ultima Thulée: s'agit-il d'un astre de forme allongée d'une trentaine de ki-

lomètres, ou de deux petits astres gravitant très proche l'un de l'autre ou de quoi d'autre encore? On a donc hâte de savoir à quoi s'en tenir. Hélas, pour le moment, la sonde se trouve encore trop loin de l'objet pour qu'on le discerne; ce n'est encore qu'un minuscule point (voir photo ci-dessous, à gauche).

Mais l'autre utilité de la prise de photos, c'est qu'elle permet de confirmer que l'objet se trouve précisément là où on a calculé qu'il devrait être et que la sonde se dirige bien vers lui. Autrement, si l'objet n'apparaissait pas sur les photos comme on s'y attendrait, cela nous indiquerait qu'il y a un problème; soit que l'astre ne se trouve pas exactement où on pensait ou que la sonde ne se dirige pas tout à fait vers lui.

Mais les premières photos de MU69 prises par New Horizons, même si elles ne permettent pas de voir grand-chose, nous confirment que tout va bien.

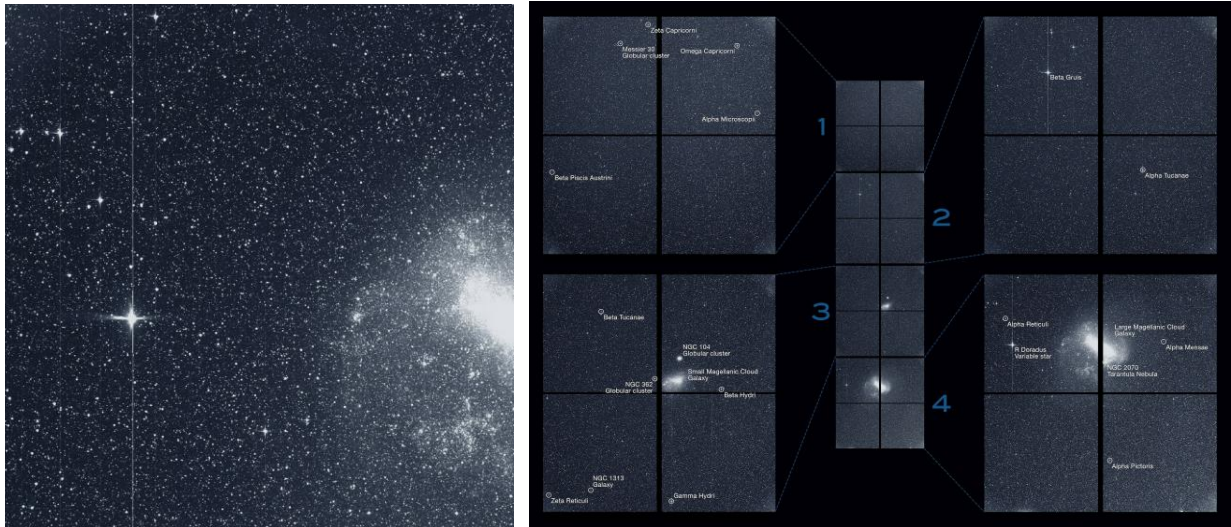


À gauche, l'une des premières photos d'Ultima Thulée prises par New Horizons en août. À droite, cet objet pourrait ressembler à une arachide... à moins qu'il s'agisse d'un objet double?

Et pendant ce temps, le télescope TESS a entrepris ses recherches d'exoplanètes autour d'étoiles voisines.

En effet. TESS a été lancé le 18 avril et, comme nous l'avons expliqué dans le balado qui lui est consacré, ce télescope

spatial a débuté ses observations. Récemment, il nous a transmis de premières images «saisissantes». Elles ont été prises au début du mois d'août et font voir une portion du ciel de l'hémisphère sud. Sur ces photos, on y verrait une douzaine d'étoiles autour desquelles on a déjà repéré des planètes. Ça fait rêver...



Deux des premières images prises par le télescope TESS et récemment publiées par la NASA.

Sur les images que prend TESS, voit-on ou verra-t-on des planètes graviter autour de certaines étoiles?

Voilà qui serait formidable mais, comme nous l'avons expliqué dans notre balado consacré à TESS, il nous est impossible actuellement de voir des exoplanètes. En scrutant attentivement des milliers d'étoiles, TESS nous permettra plutôt de détecter la *présence* de planètes, pas de les voir. Et une fois qu'on aura repéré ces exoplanètes, on pourra les étudier avec d'autres instruments plus puissants, notamment de futurs télescopes qu'on est en train de mettre au point.

Et comme nous l'avons dit, la mission de TESS consiste à repérer quantité de planètes autour d'étoiles proches de nous

dont, espèrent les responsables de la mission, des dizaines de planètes de la taille de la Terre ou d'autres qui se trouvent en zone habitable et où la vie devient possible.

Quand obtiendrons-nous les premiers résultats de TESS?

«Bientôt.» En fait, pour le moment, le télescope spatial réalise une vaste série d'observations, prenant des milliers de clichés de secteurs du firmament. Ces clichés doivent être retransmis sur Terre, puis analysés avec soin pour y débusquer des exoplanètes... Les chercheurs mettront des mois avant de publier leurs résultats. Mais peut-être qu'entre-temps, verra-t-on apparaître de temps à autres quelques photos ou résultats préliminaires.

Conclusion

On a relaté, en début de balado, le rôle joué par l'assistance gravitationnelle des planètes, ce qui nous permet d'obtenir beaucoup plus de résultats scientifiques pour une consommation minimale de carburant.

Ce concept est extraordinairement important, infiniment plus qu'on pourrait le penser. Pourquoi?

D'abord, il nous permet de réaliser des opérations qui, autrement, dépasseraient nos capacités. Ainsi, rappelons-nous le «Grand tour» des planètes Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune accompli par les sondes Voyager dans les années 1980. Or, ces sondes se sont servies de l'assistance gravitationnelle de Jupiter pour gagner Saturne, puis de Saturne pour atteindre Uranus et d'Uranus pour parvenir jusqu'à Neptune. Si ce n'avait été de l'assistance gravitationnelle de ces planètes, le fameux «Grand tour» aurait été impossible.

De même, on s'est servi de la gravité de différentes planètes pour expédier les sondes Galileo à Jupiter, Cassini à Saturne et New Horizons à Pluton.

De fait, de nos jours, cette technique est utilisée avec la plupart de nos sondes afin d'explorer les planètes, petites et grandes. Grâce à l'assistance gravitationnelle, on réalise donc une foule de missions d'exploration du Système solaire qui, autrement, serait impossible à réaliser avec nos moyens actuels.

C'est pourquoi, dit-on, on vit en quelque sorte à l'ère des «navires à voiles de l'espace»?

Eh oui puisqu'on pourrait assimiler cette technique à celle du vent qui nous

a permis, il y a cinq cents ans, de parcourir les océans du globe grâce à des bateaux à voiles. Et comme à l'époque, il nous faut aujourd'hui faire preuve de patience; de longs mois et des années s'écoulaient avant d'arriver à bon port.

Pour cette raison, on peut assimiler notre époque – comme nous l'avons déjà relaté – à celle des Christophe Colomb, Magellan, Cook et autres audacieux explorateurs qui, jadis, ont été les premiers à parcourir les océans du globe... comme nous sommes aujourd'hui les premiers à parcourir les océans interplanétaires.

On vit donc à l'époque très primitive des voyages interplanétaires?

Tout à fait. Or, à l'époque de Christophe Colomb et C^{ie}, on était «à des années-lumière» de pouvoir imaginer qu'un jour, on disposerait de navires à propulsion motrice capables de franchir les océans en quelques semaines seulement. Et on était encore plus loin d'imaginer qu'on traverserait un jour les océans en quelques heures grâce aux avions.

C'est pourquoi je considère que nous sommes actuellement à l'ère des «navires à voiles» qui nous permettent d'explorer les océans interplanétaires qui nous entourent et que nul ne peut imaginer les moyens technologiques – fantastiques – dont on disposera d'ici un siècle, sinon même d'ici quelques décennies.

Et comme tu aimes à le dire, Claude, nous, nous avons la chance de vivre à

l'époque glorieuse de l'exploration du Système solaire, le fait que, dans quelques siècles, on se rappellera de l'épopée glorieuse qui est la nôtre!

Un autre aspect intéressant qui ressort du survol que nous venons de faire, ce sont les microsondes et microsattelites qu'ont emporté avec elles certaines sondes dont on a parlé, n'est-ce pas?

Oui. On a ainsi mentionné les microsondes MINERVA et MASCOT qu'a acheminées Hayabusa 2 sur Ryugu, de même que les deux microsattelites lancés en même temps qu'InSight. On a noté que ces engins sont de taille minuscule et ne pèsent tout au plus qu'une dizaine de kilos.

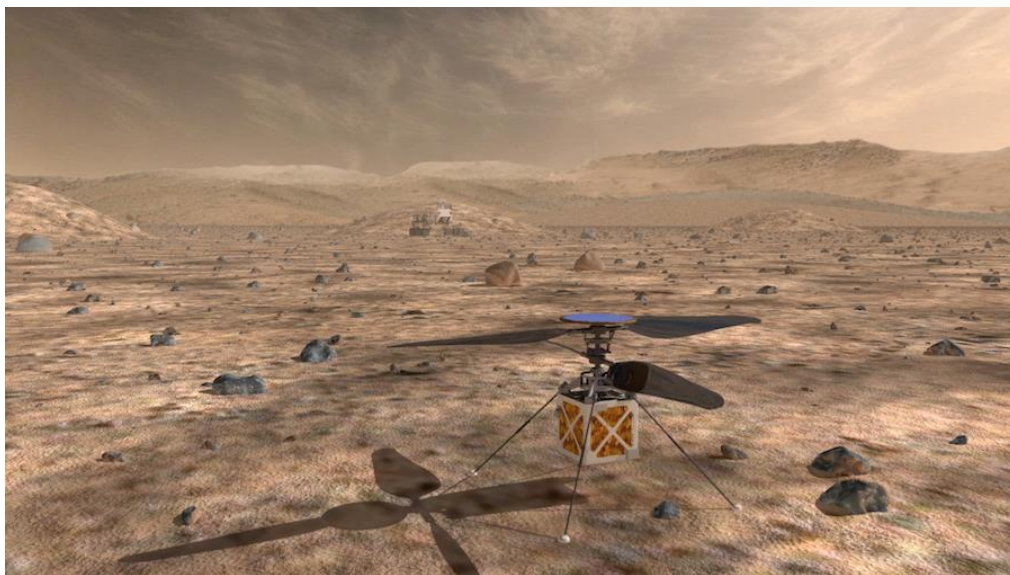
Or, ces micro-engins pourraient bien marquer le début d'une nouvelle ère dans l'exploration du Système solaire: celle où la miniaturisation des sondes permettra éventuellement de réaliser des missions très intéressantes, en quantité et partout à travers le Système solaire. Ces micro-engins pavent peut-être la voie à une foule de missions peu coûteuses et innovatrices qui pourraient ni plus ni moins

révolutionner notre façon de mener à bien notre quête de connaissances.

D'ailleurs, la NASA n'envisage-t-elle pas envoyer un drone sur Mars en 2020?

En effet. La NASA envisage embarquer à bord de la prochaine astromobile qu'elle déposera sur Mars en 2020 un minuscule hélicoptère. Si tout va bien, on pourrait ainsi explorer Mars à l'aide d'un drone de 1,8 kg seulement. Celui-ci réalisera cinq courtes envolées, à quelques mètres seulement du sol, histoire de vérifier la faisabilité de se déplacer dans une atmosphère cent fois plus ténue que la nôtre. Cet hélico martien aura à bord un appareil photo haute résolution. Cette opération pourrait nous mener vers d'importantes percées technologiques.

Qui sait donc, comme nous l'avons évoqué dans notre balado *Espace 2068, les 50 prochaines*, si ce n'est pas ce genre de microsondes qu'on enverra un jour vers les étoiles voisines? Ainsi, voit-on peut-être poindre l'ère des missions interstellaires grâce à des microsondes... Ça fait rêver.



Le petit drone conçu par la NASA pour explorer Mars en 2020.