

**VOYAGE  
DANS  
L'ESPACE**

Épisode

30

---

VINGT ANS D'EXPLORATION: LES ASTÉROÏDES

---



De petits astres  
qui nous surprennent tout le temps

## 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. **Claude Lafleur** est journaliste scientifique qui suit au quotidien depuis cinquante ans les péripéties de l'exploration spatiale. **Richard Massicotte** a été journaliste à la radio de Radio-Canada, notamment aux *Années lumière*.

L'équipe des fascicules:  
Rédaction: Claude Lafleur  
Révision: Richard Massicotte  
Couverture: Mathieu Rancourt  
Illustrations: NASA, *Aviation Week*.

Balado: <https://soundcloud.com/voyage-danslespace/>  
Abonnement: <https://www.patreon.com/voyagedanslespace>  
Facebook: <https://www.facebook.com/voyagedanslespace/>  
Courriel: [claude-lafleur1@videotron.ca](mailto:claude-lafleur1@videotron.ca)

© Copyright, Claude Lafleur, 2019

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 978-2-923275-66-6 (pdf)  
ISBN 978-2-923275-67-3 (kindle)  
Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec, 2019  
Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Canada, 2019



Vision d'artiste de la sonde NEAR s'approchant de l'astéroïde Éros.

## Vingt ans d'exploration: les astéroïdes

### De petits astres qui nous surprennent tout le temps

Écoutez le balado *Les astéroïdes* diffusé le 19 mai 2019.

Aujourd'hui, nous vous présentons le premier volet d'une série de balados consacrée aux découvertes qu'on a faites un peu partout à travers le Système solaire au cours des vingt dernières années.

Claude, c'est donc une série de balados que tu nous présentes. D'où est venue l'idée de cette série?

Au cours de la dernière année, nous avons parlé plusieurs fois de l'exploration

du Système solaire que mènent diverses sondes spatiales, dont InSight sur Mars, Hayabusa 2 et OSIRIS-REx aux abords d'astéroïdes ou encore de Parker qui explore l'atmosphère du Soleil. Ces sondes sont à

l'œuvre et on attend de voir ce qu'elles nous apprendront.

Or, ces vingt dernières années, une foule d'autres sondes ont sillonné le Système solaire, réalisant quantité de découvertes. C'est dire qu'on connaît beaucoup mieux notre petit coin d'Univers aujourd'hui qu'en l'an 2000.

**Et quels seront les différents aspects de l'exploration du Système solaire que couvrira cette série de balados?**

Au départ, j'avais l'intention de résumer en un balado l'ensemble des grandes découvertes faites à propos du Système solaire ces vingt dernières années. Toutefois, en faisant ma recherche, j'ai vite réalisé qu'on a fait tant de découvertes depuis l'an 2000 qu'il y a matière pour plusieurs balados. J'ai donc décidé d'y aller par catégories d'astres. Ainsi, je prévois consacrer un balado aux découvertes faites à propos de la Lune, de Mars, de Vénus et de Mercure, de Jupiter et de Saturne, ainsi qu'au sujet des comètes, des astéroïdes et du Soleil.

**Et le premier volet que nous présentons aujourd'hui porte sur les astéroïdes. On commence par eux pour une raison en particulier?**

Parce que, étonnamment, on ne connaissait presque rien des astéroïdes il y a une vingtaine d'années. En fait, le premier astéroïde qu'on a brièvement visité, c'est Gaspard en 1991. Mais, comme on le verra, c'est vraiment à partir des années 2000 qu'on s'est mis à les étudier de près. On a alors découvert que ce sont de petits mondes fascinants qui méritent d'être explorés.

**Nous amorçons donc aujourd'hui le premier volet d'une série.**

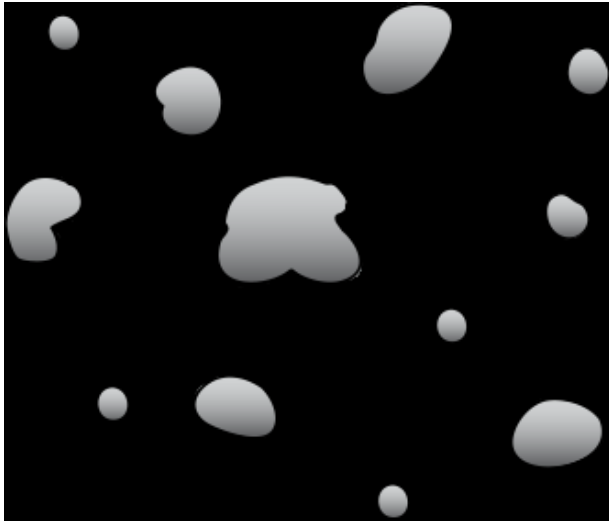
Oui, mais précisons qu'il ne s'agit pas d'une série qui se poursuivra de balado en balado, à toutes les deux semaines, mais plutôt d'une suite qui se poursuivra occasionnellement.

## I – Notre découverte la plus récente

Les astéroïdes, ce sont de minuscules corps célestes qui gravitent autour du Soleil, comme les planètes, qui nous sont familières. Ce sont de petits astres, qui mesurent de quelques mètres jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de diamètre. (Par comparaison, les planètes font des milliers de kilomètres de diamètre.) Les astéroïdes se comptent par centaines de milliers et on en découvre de nouveaux chaque année. Imaginez donc des cailloux, des rochers ou encore des montagnes en orbite autour du Soleil. Mais leur découverte est très récente, n'est-ce pas?

En effet. Ce qui distingue les astéroïdes de tout ce qu'on observe au firmament, c'est leur découverte toute récente. Ainsi, nos lointains ancêtres avaient repéré au firmament les étoiles, les planètes, la Lune, le Soleil et les comètes.

Tous ces astres sont connus «depuis toujours», pourrait-on dire. Par contre, ce n'est qu'en 1801 qu'on a repéré le premier astéroïde; ça fait donc à peine deux siècles tandis qu'on connaît «tout le reste» depuis des millénaires!



Les astéroïdes, des cailloux de toute taille dérivant dans le Système solaire.

**On comprendra que cette découverte très récente des astéroïdes s'explique par le fait que, puisqu'il s'agit de très petits corps célestes, ils sont invisibles à l'œil nu. Il nous faut pour les voir posséder des télescopes, et des télescopes assez puissants.**

**Par contre, précision, Claude, il ne faut cependant pas confondre astéroïde et météorite, n'est-ce pas?**

Non, même si la confusion est facile à faire puisqu'il y a un lien direct entre eux; une météorite, c'est un morceau d'astéroïde qui s'est écrasé sur Terre. Expliquons-nous.

Il y a dans le Système solaire un nombre incalculable de cailloux et de rochers de toute taille qui circulent autour du Soleil. On considère, comme on l'a dit plus tôt, que les astéroïdes mesurent entre quelques mètres à des centaines de kilomètres.

Mais l'idée que les astéroïdes mesurent au moins quelques mètres est arbitraire, puisqu'elle repose tout bonnement sur le fait qu'il nous est très difficile de repérer les astéroïdes plus petits. On peut en fait considérer qu'il y a des astéroïdes d'un mètre, mais également de moins d'un

mètres... jusqu'à des grains de sable ou plus petit encore.

Or, chaque jour, la Terre est bombardée par des dizaines de milliers de minuscules astéroïdes, la très grande majorité ayant la taille de grain de sable ou de petite roche.

**Donc, ce sont les étoiles filantes qu'on voit parfois briller le soir durant quelques secondes au firmament?**

Oui. Ces minuscules astéroïdes entrent à vive allure dans l'atmosphère et, sous l'effet de la friction de l'air, ils se désintègrent ou s'évaporent. Dans le cas des étoiles filantes, les grains de sable se consomment en quelques fractions de seconde. Dans le cas des météores un peu plus gros, de la taille de petite roche, cela donne des étoiles filantes dont l'éclat dure quelques secondes.

Et bien sûr, il y a des astéroïdes un peu plus gros, disons de la taille de balle ou de ballon – leur taille est de l'ordre des centimètres. Eux aussi se consomment dans l'atmosphère, mais en plusieurs secondes.

**Et j'imagine qu'il y a des astéroïdes plus gros encore, qui font des mètres de diamètre, voir des dizaines de mètres, n'est-ce pas? Brûlent-ils eux aussi dans l'atmosphère?**

Ça dépend. Parfois oui, parfois non. Selon leur taille, leur composition, la vitesse et l'angle selon lesquelles ils traversent l'atmosphère, ils peuvent se désintégrer entièrement dans l'atmosphère ou parvenir jusqu'au sol.

En pratique, ce ne sera qu'une fraction de l'astéroïde qui parviendra jusqu'au sol, la plus grande partie du rocher brûlera durant la traversée de l'atmosphère. Les restes qui parviennent jusqu'au sol, c'est ce qu'on appelle des météorites. Ce sont

des morceaux de petits astres venus de l'espace, de véritables objets extraterrestres.



Exemple d'un météore  
Tombé au Mexique en 1969.

**D'ailleurs, les météorites te fascinent tout particulièrement Claude, non?**

Oh que oui! Lorsque je visite un musée d'histoire naturelle, je m'arrête toujours dans la section des météorites. J'ai même plaisir à les toucher, car ce sont de véritables objets venus de l'espace... des «extraterrestres» quoi! Il s'agit aussi de vieilles roches, qui ont souvent des centaines de millions, voire de milliards d'années d'âge.

Tandis que, pour la majorité de gens, me semble-t-il, ce ne sont que de vieilles «pommes de terre toutes calcinées», comme disait ma mère!

Précisons que le nombre d'astéroïdes diminue en fonction de leur taille, c'est-à-dire que les gros sont très rares tandis que les grains de sable abondent. C'est ainsi qu'il arrive assez rarement qu'un astéroïde faisant plusieurs mètres entre dans l'atmosphère terrestre, tandis qu'un nombre incalculable de grains de sable – les étoiles filantes – se consomment tous les jours dans notre atmosphère. Et pas seulement l'été?

Eh non, tous les jours, de jour comme de nuit... et en tout temps!

\* \* \*

Précisons quelques mots de vocabulaire.

Peut-être serez-vous étonnés d'apprendre que lorsqu'un *astéroïde* entre dans notre atmosphère, il change de nom... selon sa taille!

Ainsi, si sa masse est très faible (de l'ordre du gramme), on parle alors d'une *étoile filante*. Si sa masse est de l'ordre du kilogramme, on parle plutôt d'un *météore*, tandis que s'il fait plusieurs centaines de kilos, on parle d'un *bolide*.

Et lorsque des fragments parviennent jusqu'à la surface de la Terre, c'est alors qu'on parle de *météorite*. Certaines météorites mesurent quelques millimètres ou plusieurs mètres, mais on en a repéré quelques-uns beaucoup plus gros.

## II – Les restes de la formation du Système solaire

Jusqu'ici, on a répertorié près d'un million d'astéroïdes, mais il y en aurait en réalité des millions d'autres qui se baladent dans le Système solaire.

Évidemment, tout est une question de taille. On a repéré les plus gros, ceux qui mesurent des kilomètres et la plupart de ceux qui mesurent des centaines de mètres de diamètre, mais pas ceux qui ne font que des dizaines de mètres ou moins... Bien sûr, plus ils sont petits, moins ils sont faciles à repérer, d'autant plus que les astéroïdes sont souvent de teinte très foncée.

Heureusement que l'abondance des astéroïdes est inversement proportionnelle à leur taille, c'est-à-dire que les très gros sont très rares tandis que les microscopiques pullulent. C'est logique... et c'est rassurant en même temps!

Rassurant en effet, puisque les gros astéroïdes peuvent causer des catastrophes. On attribue ainsi la disparition des dinosaures à la chute d'un astéroïde d'une dizaine de kilomètres de diamètre sur la Terre il y a 66 millions d'années, dans l'actuel Yucatán au Mexique. Et on se souviendra du fracas qu'a causé l'arrivée d'un bolide au-dessus de la ville de Tcheliabinsk, en Russie, le 15 février 2013. Or, ce n'était qu'un bolide d'une quinzaine de mètres seulement. Imaginez les dinosaures qui ont vu s'abattre sur eux un bolide mille fois plus gros!



La traînée de gaz et de fragments provoquée par la rentrée fulgurante d'un bolide au-dessus de Tcheliabinsk, le 15 février 2013.

**Mais les astéroïdes sont d'autant plus rares qu'ils sont gros. Ce sont donc, dit-on, les restes de la formation du Système solaire?**

Tout à fait. D'après notre compréhension du processus de formation du Système

solaire, le Soleil et les planètes se sont formés à partir d'un nuage de gaz et de matière qui s'est condensé pour constituer, dans un premier temps, de petits corps qu'on appelle des *planétésimaux*.

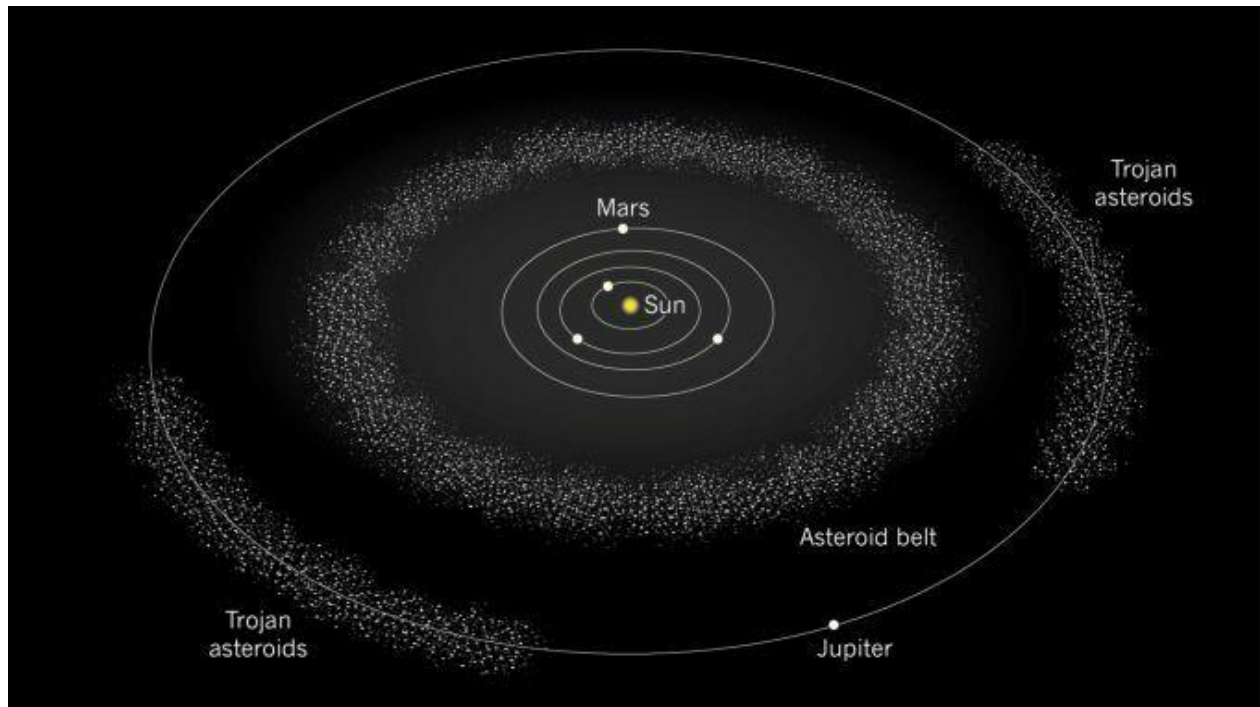
Ces planétésimaux se sont ensuite agglomérés les uns aux autres pour former à leur tour des astres de plus en plus gros, jusqu'à mener aux planètes et aux satellites naturels qu'on connaît de nos jours. Quant aux astéroïdes qu'on observe à présent, Il s'agit de la matière résiduelle qui ne s'est pas encore agglomérée aux planètes.

**Mais ça viendra avec le temps, si on comprend bien. Les astéroïdes constituent donc les restes de la matière qui a donné naissance aux planètes, comme quoi, même après 4,5 milliards d'années de fusion à travers le Système solaire, il traîne encore un peu de matière originale.**

Et justement, les planètes ont tendance à absorber toute la matière qui se trouve autour d'elles, pour devenir de plus en plus massives. Mais, même après 4,5 milliards d'années, elles n'ont pas encore complété le balayage complet autour d'elles. Il reste encore des millions de débris – les astéroïdes – à absorber!

Donc, c'est un peu ce que fait la Terre, comme les autres planètes, qui subissent jour après jour un véritable bombardement cosmique, les millions de grains de sable qui s'abattent sur elles... et parfois des cailloux plus gros. On estime ainsi que notre planète reçoit cent *tonnes* de matière cosmique *chaque jour*! *Cent tonnes*!

**Claude, tu nous as dit plus tôt que les astéroïdes se trouvent un peu partout dans le Système solaire. Toutefois, il y a ce**



Représentation de la Ceinture d'astéroïdes, située entre les orbites de Mars et de Jupiter.

qu'on appelle la Ceinture d'astéroïdes, qui s'étend à entre 100 et 500 millions de kilomètres de nous, entre l'orbite de Mars et de Jupiter. Mais ce n'est pas là que se retrouvent l'essentiel des astéroïdes?

Il y a en effet une Ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter, c'est-à-dire une vaste région où on retrouve quantité d'astéroïdes. Cette ceinture forme en quelque sorte un anneau, un peu comme les anneaux de Saturne. Mais il s'agit d'un anneau extrêmement diffus – il n'est pas visible comme le sont les anneaux de Saturne (qui sont constitués de microscopiques cristaux de glace).

On retrouve également des astéroïdes un peu partout à travers le Système solaire, mais en moins grande concentration que dans la Ceinture d'astéroïdes.

C'est d'ailleurs dans la Ceinture d'astéroïdes qu'on a découvert les premiers

astéroïdes et où se trouvent les plus gros, donc?

Tout à fait. Le premier astéroïde a été découvert le 1<sup>er</sup> janvier 1801 par Giuseppe Piazzi. On lui a donné le nom de Cérès, une déesse romaine. Cérès a un diamètre de 950 kilomètres. Il s'agit du plus gros et du plus massif de tous les astéroïdes; à lui seul, il compte pour le tiers de la masse totale des astéroïdes qui peuplent la Ceinture d'astéroïdes.

À l'époque, on considérait Cérès comme une planète à part entière. On en parlait d'ailleurs comme de la *neuvième* planète du Système solaire, puisqu'en 1801, Neptune et Pluton n'avaient pas encore été découvertes.

Mais aujourd'hui, on considère Cérès comme une *planète naine*, au même titre que Pluton, Hauméa, Makémaké, Éris, etc.

On classe les astéroïdes dans différentes catégories, notamment d'après

leur composition ainsi que selon le type d'orbite sur lequel ils circulent.

Eh oui, il y a entre autres les astéroïdes qu'on qualifie de *géocroiseurs*... géo pour Terre. C'est-à-dire des astéroïdes qui ont la fâcheuse caractéristique de croiser de temps à autres l'orbite de notre planète... et qui risquent un jour de s'abattre sur nous.

**L'astéroïde qui a éliminé les dinosaures et celui qui s'est abattu sur Tcheliabinsk en 2013 étaient-ils des géocroiseurs?**

Ça pourrait être le cas, mais pas nécessairement non plus. Ces astéroïdes pourraient provenir de n'importe où dans le Système solaire. Disons qu'on cherche à repérer et à suivre de près tous les géocroiseurs, mais plus ils sont petits, plus ils sont difficiles à voir venir. Ça a été le cas de l'astéroïde qui s'est abattu en Russie en 2013 et qui ne mesurait qu'une quin-



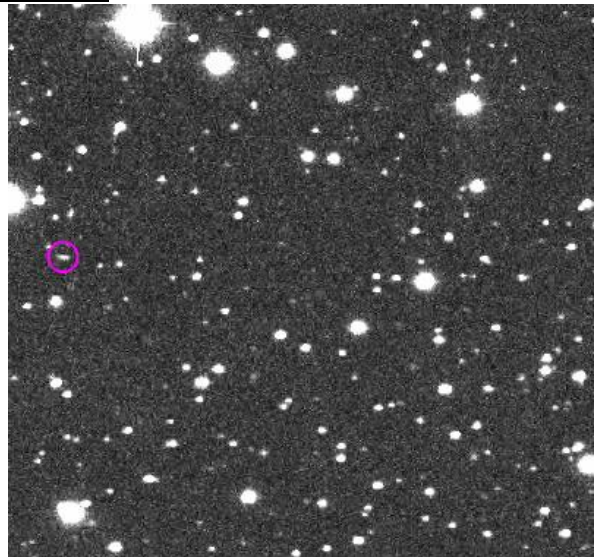
zaine de mètres seulement. Celui-là, on ne l'a vraiment pas vu venir!

**Mais heureusement, plus ils sont petits, moins ils sont dangereux.**

En effet. On comprend par contre l'intérêt de les étudier et d'en apprendre le maximum à leur sujet. C'est non seulement vrai pour les géocroiseurs, mais pour tous les autres, car ils représentent les restes de la matière qui témoigne de nos origines.

\* \* \*

Après la découverte de Cérès en 1801, on en a repéré trois autres, astéroïdes entre 1802 et 1807: Pallas, Juno et Vesta. Le Système solaire comptait alors *onze planètes*. Il a ensuite fallu attendre 1845 pour en repérer un cinquième: Astraea. Mais à partir de là, les découvertes se sont accélérées, puisqu'on avait déjà repéré 452 astéroïdes à la fin des années 1800... et plus de 800 000 de nos jours. Pour les repérer, on dispose de télescopes de plus en plus puissants et, surtout, de la technique de la photographie, dont on a parlé dans le balado précédent: *La Grande peur de 1910*.



Ce que la photographie permet de faire. Sur l'image de gauche, la présence d'un astéroïde apparaît par le fait que celui-ci se déplace plus rapidement que les étoiles qui se trouvent infiniment plus distantes. Sur l'image de droite, sauriez-vous repérer le petit astéroïde mesurant deux ou trois mètres!

### III – Premiers regards, premières surprises

Venons-en maintenant à l'exploration des astéroïdes qu'on a menée ces vingt dernières années?

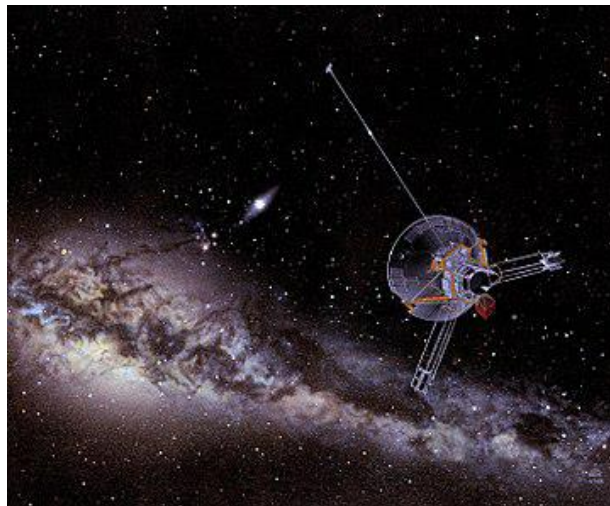
Très bien. Mais tout d'abord, rappelons simplement qu'avant qu'on puisse voir de près les astéroïdes, on n'avait aucune idée à quoi ils ressemblaient. Même les plus gros n'apparaissent que comme d'infimes points lumineux dans nos plus puissants télescopes (telle que l'illustre des deux photos de la page précédente). On était donc très curieux de voir à quoi ça ressemblait un astéroïde!

**Si j'ai bonne mémoire, ce sont les sondes Pioneer 10 et 11 qui, les premières, ont traversé la Ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter. En ont-ils observé quelques-uns au passage?**

Hélas non. En fait, au moment de leur passage à travers la Ceinture d'astéroïde, entre 1972 et 1974, on s'inquiétait plutôt de ce que nos Pioneer ne s'abîment pas contre un astéroïde de petite taille (un micro-astéroïde). On n'avait alors aucune idée si la Ceinture d'astéroïdes était non seulement peuplée des milliers d'astéroïdes qu'on avait déjà repérés... mais s'il n'y en avait pas aussi quantité d'autres, de la taille de ballons, de balles, de roches, sinon même de grains de sable.

**Mais devait-on réellement redouter la collision de l'une de nos vaillantes sondes avec le moindre petit astéroïde? Vraiment?**

Tout à fait, puisque tout est une question de vitesse. Imaginez nos deux valeureuses Pioneer traverser la Ceinture d'astéroïdes à la vitesse de 30 000 kilomètres-



Une sonde Pioneer en vol interplanétaire.

heure. Et voilà que soudain apparaît devant l'une d'elles un caillou, disons de quelques grammes seulement. Or, percuter un micro-astéroïde à si grande vitesse, c'est pire que de recevoir une balle en plein front! La sonde aurait été pulvérisée.

**Eh bien sûr, il était impossible de repérer à l'avance le moindre petit caillou qui pourrait se trouver sur le chemin de l'une de nos Pioneer, n'est-ce pas?**

Tout à fait. Mais heureusement, le passage des Pioneer s'est effectué sans heurt, ce qui a non seulement rassuré les responsables de la mission mais qui nous a également appris une première chose à propos de la Ceinture d'astéroïdes: c'est qu'elle est assez propre, qu'il ne semble pas y avoir trop de micro-astéroïdes qui y traînent.

D'ailleurs, depuis le passage des Pioneer à travers la Ceinture d'astéroïdes, plusieurs autres sondes l'ont traversée, à commencer par les fameuses Voyager, Galileo, Cassini et New Horizons. Il n'y a donc jamais eu de collision?

Non, aucune d'importance. Mais ça ne veut pas dire que ça n'arrivera jamais non plus. Mais, il semble bien que, dans la Ceinture d'astéroïdes, les milliers d'astéroïdes qu'on a repérés ont déjà effectué un bon balayage, attirant à eux les micro-astéroïdes qui devaient pulluler autrefois. La Ceinture d'astéroïdes semble assez propre, mais peut-être ne l'est-elle pas parfaitement? Il y a donc toujours risque de collision pour nos sondes qui la traversent, mais ce risque semble assez minime.

Tu disais en début d'émission que le premier astéroïde qu'on a observé de près, c'est 951 Gaspra, c'est-à-dire le 951<sup>ème</sup> astéroïde qu'on a répertorié. Si je ne m'abuse, c'est l'un des membres de la Ceinture d'astéroïdes. Est-ce l'une de nos sondes qui s'en est approché, ou l'a-t-on étudié autrement?

C'est la sonde Galileo, en route vers Jupiter, qui est passée tel que prévu à 1 600 km de Gaspra le 29 octobre 1991. Or, ce premier survol d'un astéroïde nous a procuré une première surprise.

**Ah oui, laquelle?**

Depuis la Terre, les astéroïdes nous apparaissent comme d'infimes points lumineux, même les plus gros observés à l'aide de nos plus puissants télescopes. On s'attendait donc à ce qu'ils aient la forme de roche plus ou moins ronde, en forme de pomme de terre... de simples cailloux quoi!

Mais voilà que Gaspra nous est apparu, photographié par les caméras de *Galileo*,

sous la forme d'un... «bouclier romain», c'est-à-dire d'un caillou plat et de forme plus ou moins rectangulaire.



Gaspra tel que découvert par Galileo.

Gaspra est un immense rocher qui mesure quelques 19 kilomètres de long, par 12 kilomètres de large et qui fait 11 kilomètres d'épaisseur. (A titre de comparaison, rappelons-nous que le mont Everest a une altitude de plus de 8 kilomètres.) La surface de Gaspra semble assez lisse, dénuée de tout cratère d'importance, et certaines photos couleur montrent que celle-ci semble brun-caramel. Gaspra apparaît être beaucoup plus pâle que la Lune...

La sonde *Galileo* a croisé l'astéroïde à la vitesse de 30 000 km/h et n'a eu le temps que de prendre 150 photos, de résolution plutôt moyenne, disons. Si un jour, on l'explore plus en détail, on risque de découvrir d'autres particularités de ce surprenant petit corps céleste.

**Autrement dit, Gaspra n'a probablement pas livré tout ce qu'il y a à savoir à son sujet. Ça aura été un premier et bref survol. Mais comme il y a des milliers d'astéroïdes d'importance à étudier, on**

**a l'embarras du choix! Y reviendra-t-on un jour? Qui sait?**

Tout à fait. Ajoutons que, chemin faisant vers Jupiter, Galileo a aussi croisé un second astéroïde: 243 Ida, le 28 août 1993, mais d'assez loin (à la distance 2 400 km).

**C'est à ce moment-là qu'on a remarqué qu'il s'agissait d'un assez gros rocher, mesurant 56 km x 24 km x 21 km, donc à peu près deux ou trois fois plus gros que Gaspra.**

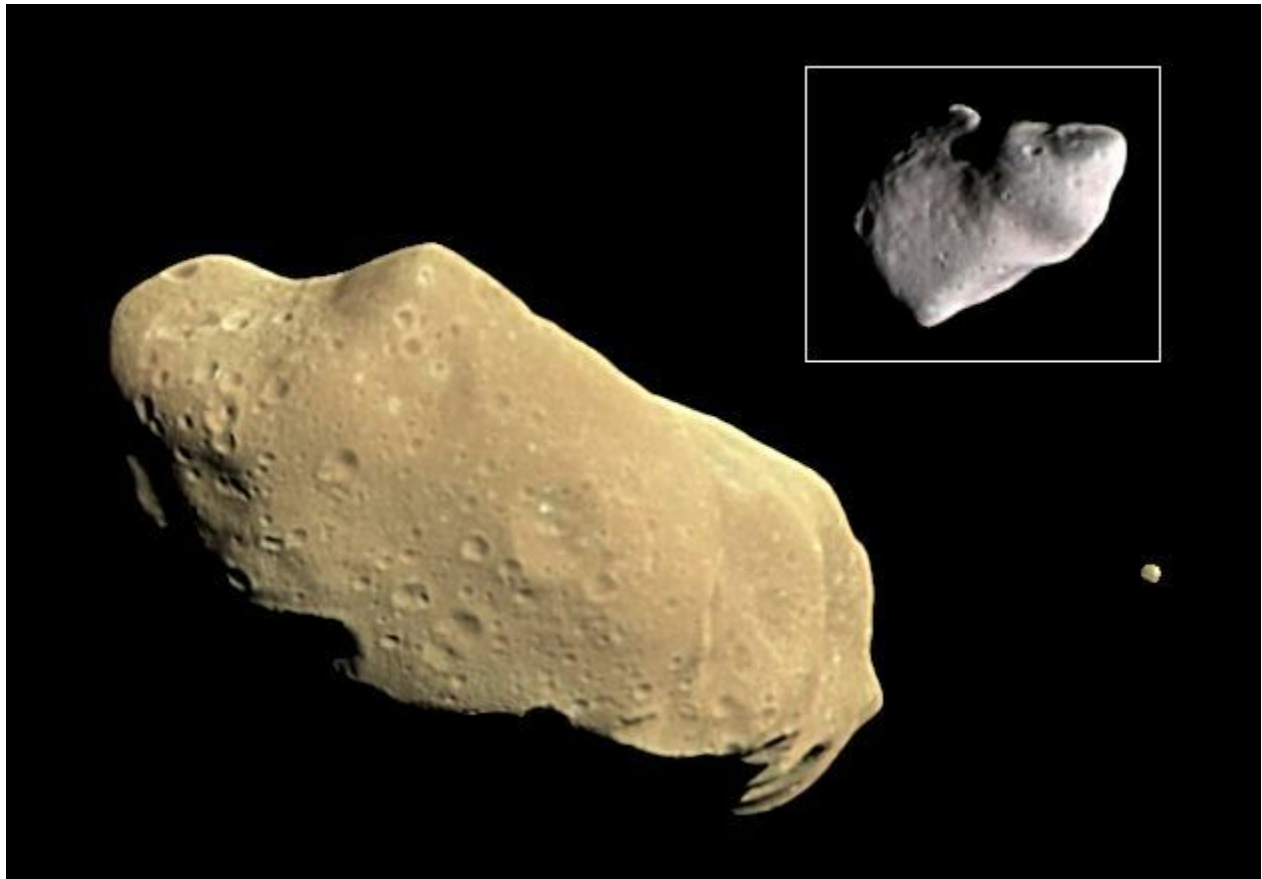
Lorsqu'on songe que c'est un astéroïde d'une dizaine de kilomètres qui a balayé les dinosaures, ça donne une idée de ce que représente Ida. Mais rassurons-nous:

cet astéroïde ne présente aucun danger pour nous, puisque jamais il ne croise l'orbite de la Terre, bien calé au sein de la Ceinture d'astéroïdes.

Par contre, Ida a trouvé le moyen de nous étonner... puisqu'il possède sa propre petite lune.

**Eh oui, Dactyle!**

En effet, les photos prises par Galileo nous font découvrir un rocher qui ne mesure que 1,4 km et qui gravite autour d'Ida. Voilà qui nous a surpris puisque, étant donné la petite taille d'Ida, on ne s'attendait pas à ce que sa force de gravité suffise pour capturer un autre corps céleste. Et pourtant...



L'astéroïde Ida, de 56 km de long, avec à sa droite sa petite lune Dactyle (en gros plan en haut).

Voilà donc que le simple survol de Galileo, dont la mission était d'étudier à fond Jupiter, nous a fait réaliser qu'on a beaucoup à apprendre au sujet du monde des astéroïdes. Amusant tout de même de

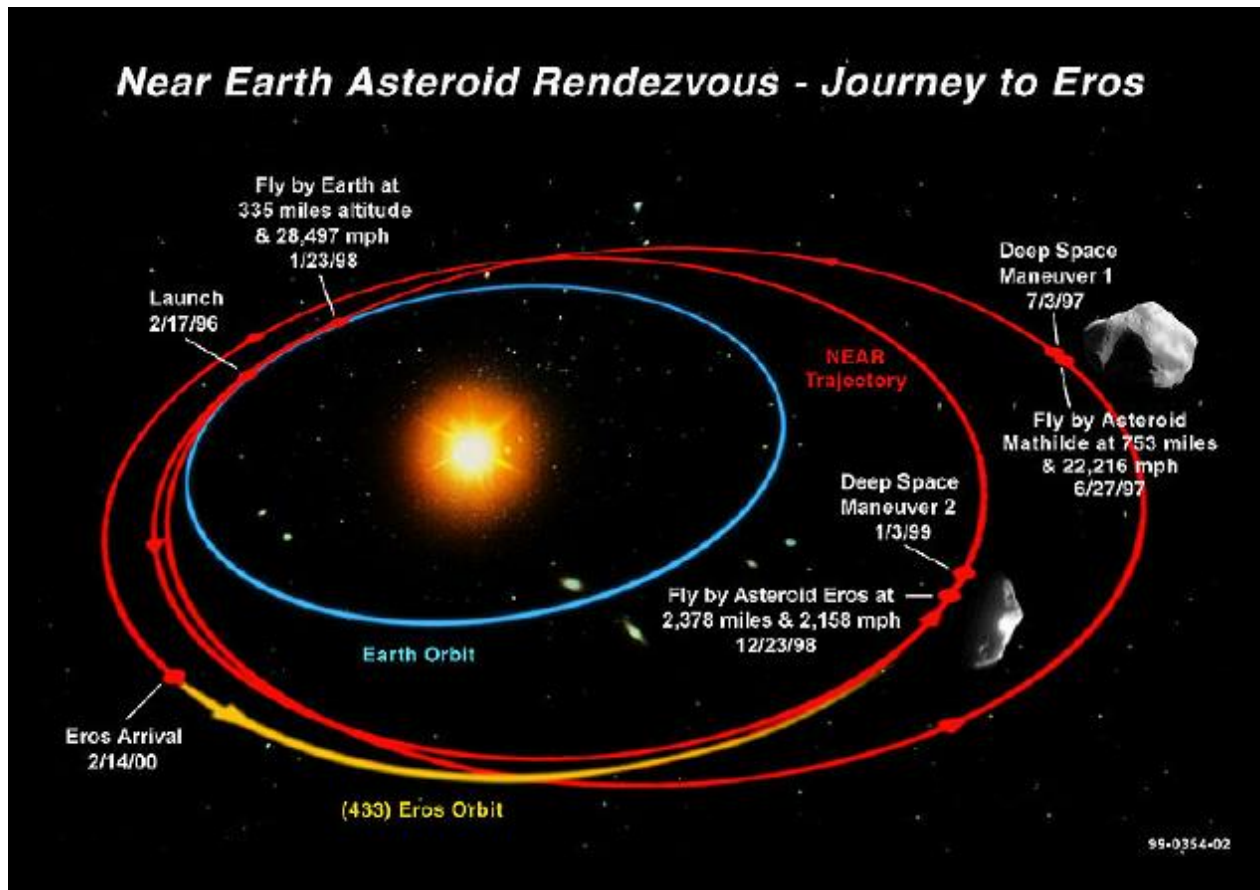
penser que les deux premiers astéroïdes qu'on est parvenu à voir nous ont étonnés. À quoi d'autre devrait-on s'attendre!

## IV – Éros à la Saint-Valentin

Fort des surprises que nous a révélées la sonde Galileo, l'exploration des astéroïdes commence il y a une vingtaine d'années seulement avec la sonde américaine NEAR.

L'abrégé de *Near Earth Asteroid Rendezvous*, N.E.A.R. a été lancée par la NASA le 17 février 1996 mais elle n'arrivera à destination – l'astéroïde 433 Éros – que le 14 février 2000, soit, ô coïncidence, précisément le jour de la Saint-Valentin!

Précisons qu'Éros gravite sur une orbite pas très loin de nous, entre la Terre et Mars. NEAR a pourtant mis quatre ans pour y parvenir, effectuant quatre fois le tour du Soleil. Elle n'a donc pas visé directement l'astéroïde, mais a plutôt acquis graduellement l'énergie nécessaire pour s'y rendre.



Trajectoire empruntée par la sonde NEAR pour parvenir jusqu'à Éros.

**Pourquoi prendre tant de temps pour se rendre à destination? Pourquoi ne pas viser directement Éros?**

NEAR illustre à merveille une belle technique pour explorer plus efficacement le Système solaire: *l'assistance gravitationnelle* d'une planète.

Ce qu'il faut toujours garder à l'esprit, c'est que pour se rendre quelque part dans l'espace – que ce soit à la Lune, à Mars, Pluton, au Soleil ou à n'importe quel astéroïde ou comète –, c'est toujours une question d'énergie: il faut une certaine quantité d'énergie pour parvenir là où on veut.

On peut bien sûr utiliser l'énergie d'une fusée pour atteindre sa cible, mais on peut aussi recourir à l'énergie que nous procure le passage près d'une planète pour obtenir le même résultat. En s'approchant d'une planète, on acquiert de la vitesse, puisqu'on tombe vers elle, ce qui accroît notre énergie. Voilà ce qu'on appelle *l'assistance gravitationnelle* d'une planète.

Dans ce cas, ça coûte moins cher de carburant, mais ça prend plus de temps.

**Mais l'intérêt de recourir à l'assistance gravitationnelle d'une planète, ce n'est tout de même pas pour économiser du carburant?!**

Non, bien sûr. L'intérêt, c'est de remplacer le carburant par davantage d'équipement scientifique. Ainsi, au lieu de lancer une sonde, disons, de 500 kilos qui transporterait 250 kilos de carburant – et atteindre rapidement la cible visée –, on préfère lancer une sonde qui ne contiendrait, disons, que 100 kilos de carburant... et 400 kilos d'équipement.

C'est ainsi que NEAR a fait quatre fois le tour du Soleil, passant notamment près de la Terre pour se propulser jusqu'à Éros.

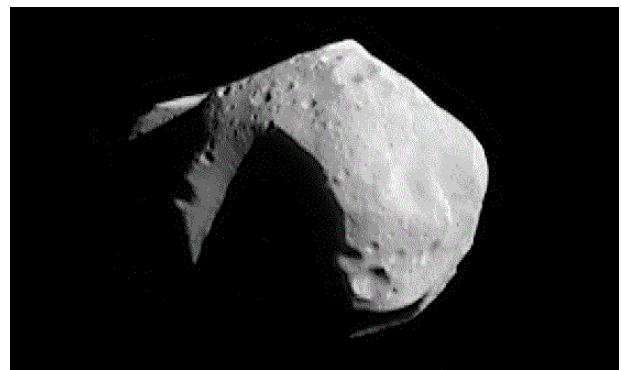
C'est ainsi que le 23 janvier 1998, NEAR frôle la Terre à seulement 523 km, ce qui est peu lorsqu'on songe que la Station spatiale internationale gravite à 400 km.

Soulignons au passage que les contrôleurs de mission qui téléguident les sondes interplanétaires réalisent de véritables prodiges de navigation... à faire pâlir d'envie les auteurs de science-fiction des années 1950-60!

En effet, à l'aube de l'ère spatiale, ces auteurs imaginaient de «folles aventures» à leur équipage en vaisseaux spatiaux. Mais à l'époque, personne n'avait imaginé la technique *l'assistance gravitationnelle* qui fait qu'on frôle une ou des planètes pour se propulser dans l'espace. Si seulement ces auteurs à l'imagination fertile avaient eu connaissance de cette technique, que d'aventures ils auraient imaginées!

**Chemin faisant vers Éros, NEAR croise l'astéroïde 253 Mathilde, passant à 1 200 km de lui le 27 juin 1997.**

Mathilde est un astéroïde d'une cinquantaine de kilomètres de diamètre, une vraie «micro-planète». Sa surface est par contre très foncée, elle ne reflète que 4% de la lumière qui lui parvient, à la manière d'un morceau de charbon. Il s'agirait d'un



L'astéroïde Mathilde, un très vieux rocher.

vestige de la formation du Système solaire il y a 4,5 milliards d'années. Mathilde est couvert de cratères, ce qui étonne un peu les spécialistes, alors que sa densité est inférieure à ce qu'on s'attendait. Il faudra un jour revenir explorer ce type de micro-planètes.

**Puis NEAR croise une première fois Éros, le 23 décembre 1998, passant à 3 800 kilomètres de lui. Mais pourquoi ne s'y est-il pas arrêté, comme elle le fera un an plus tard?**

C'est en effet étonnant, mais disons simplement que la trajectoire que suivait NEAR à ce moment-là n'était pas optimale.

Mais en croisant Éros, NEAR a fait une première découverte: l'astéroïde est plus petit qu'on s'y attendait.

**Enfin, le 14 février 2000, la sonde parvient non seulement à destination, mais elle se place en orbite autour d'Éros afin de l'étudier longuement. C'était la première fois qu'une sonde se plaçait en orbite autour d'un petit corps céleste,**

**amorçant par le fait même une nouvelle ère de l'exploration du Système solaire.**

Durant une année, NEAR a manœuvré autour d'Éros, changeant maintes fois d'orbite, passant parfois en rase-motte, à quelques cinq kilomètres seulement de sa surface.

Les opérateurs de la sonde réalisent ainsi de brillantes manœuvres de navigation car, n'oublions pas qu'ils ne sont pas à bord de la sonde et qu'ils ne peuvent donc pas corriger leurs manœuvres au cas où tout ne se passerait pas comme prévu.

En pratique, ces pilotes de sonde doivent d'abord calculer soigneusement les manœuvres qu'ils veulent faire exécuter à leur sonde, puis ils rédigent les lignes de commandes nécessaires, vérifient soigneusement que toutes ces commandes sont sans faille, puis les transmettent par ondes radio à la sonde pour finalement s'assurer que ces transmissions se sont parfaitement effectuées. Au bout du compte, ils doivent attendre que la sonde exécute les manœuvres demandées... en espérant que tout se passera comme prévu. (Autrement, ce peut être la catastrophe.)



L'étrange forme d'Éros; sous certains angles, on dirait un os ou une arachide, n'est-ce pas?

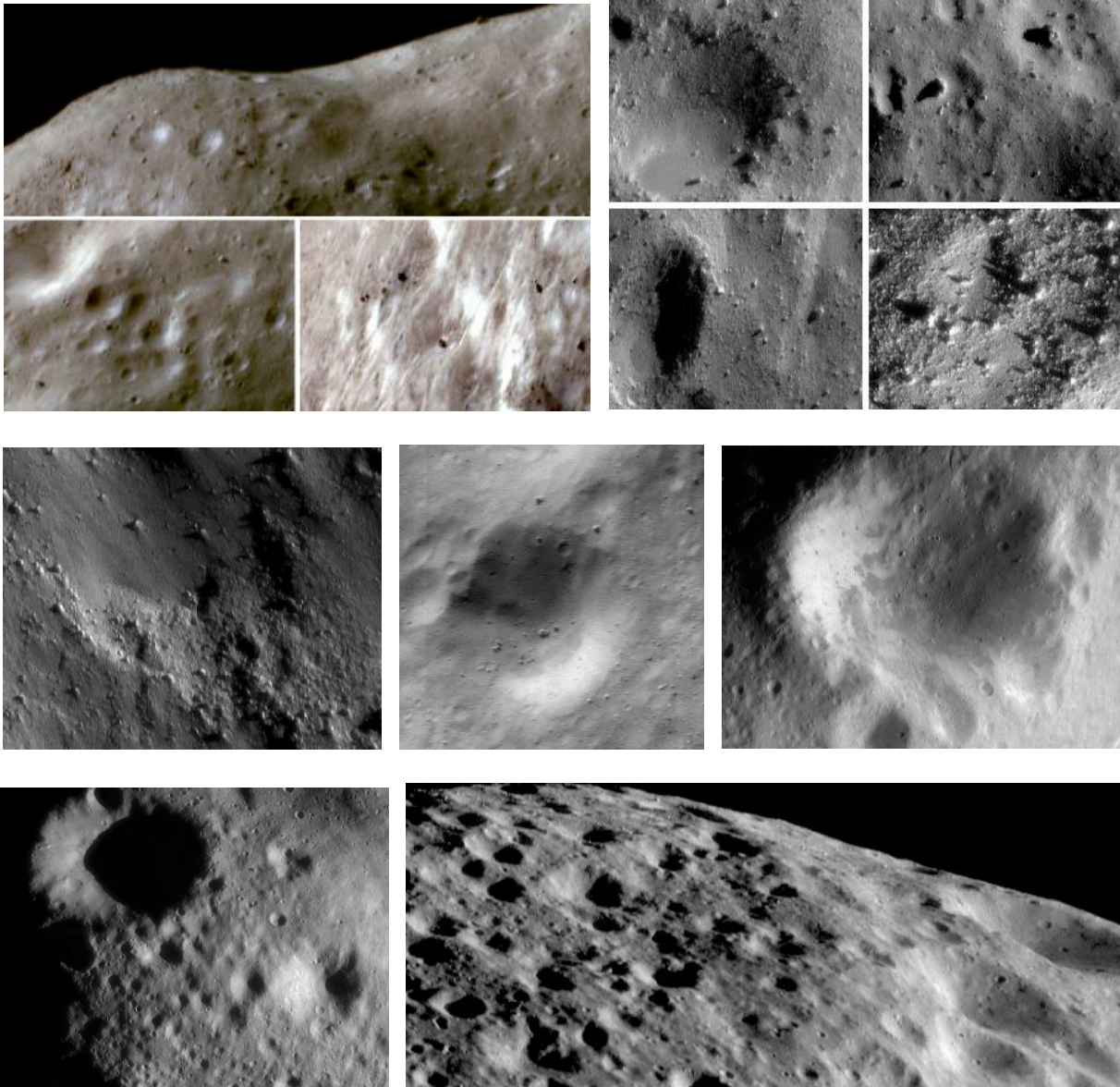
**Bien entendu, on ne demande pas à la sonde d'exécuter des manœuvres pour le simple plaisir de faire des acrobaties**

**planétaires, mais bien pour récolter des informations scientifiques. Notamment,**

on demande à NEAR de prendre les meilleures photos possibles ainsi que de mesurer le champ gravitationnel de l'astre, ce qui nous renseigne sur sa structure interne. On cherche aussi à détecter la présence d'un champ magnétique autour d'Éros, etc.

Or, NEAR n'a pas détecté la présence d'un champ magnétique (comme la Terre en possède un). La sonde a recueilli 160 000 photos et a cartographié 70% d'Éros à l'aide d'un spectromètre qui a permis de déterminer sa composition. Tout compte fait, elle nous a retourné dix fois plus d'information que ce qu'on avait planifié au départ.

## Éros en gros plans



Au bout d'un an de manœuvres orbitales, les responsables de la mission ont entrepris de tenter un grand coup: faire atterrir NEAR sur Éros. Or, la sonde n'avait pas été conçue à cet effet, elle n'était donc pas dotée de système d'atterrissage ni même d'un train d'atterrissage. Une manœuvre assez osée, donc?

On peut dire que, dans les faits, les contrôleurs cherchaient à faire «s'écraser en douceur» la sonde, en provoquant une collision si lente que l'engin survivrait sans dommage à l'impact.

Et c'est ce qu'ils sont parvenus à faire le 12 février 2001. NEAR a touché Éros à la vitesse de 6,4 kilomètre-heure, soit plus doucement que ne le fait normalement un parachutiste sur Terre.

C'est ainsi que la sonde a survécu sans encombre à son atterrissage et, contre toute attente, elle nous a transmis durant deux semaines des données depuis la sur-

face d'Éros. C'était la première fois qu'on obtenait une telle information. La sonde a finalement succombé au froid intense qui règne sur Éros:  $-173^{\circ}\text{C}$ .

\* \* \*

En cours de vol, NEAR a été rebaptisée «NEAR Shoemaker» en l'honneur du géologue Eugene Shoemaker, l'un des pionniers de la planétologie, cette branche de la géologie qui se consacre à l'étude des planètes.

Gene Shoemaker était aussi un grand débusqueur de comètes. Il est d'ailleurs célèbre pour avoir repéré celle qui s'est écrasée sur Jupiter en juillet 1994 – un événement observé pour la toute première fois. Cette comète ayant été repérée par un trio formé de M. Shoemaker, de son épouse Carolyn et de David Levy, elle a été par conséquent baptisée *Shoemaker-Levy 9*. Le géologue est décédé en 1997, à l'âge de 69 ans et la NASA lui a rendu hommage en rebaptisant NEAR en son honneur.

## V – Hayabusa, l'acrobate de l'espace

Le 9 mai 2003, le Japon se lance à son tour dans l'exploration des petites planètes avec une mission aussi ambitieuse qu'audacieuse: rapporter sur Terre, pour la première fois, un échantillon d'astéroïde. Il s'agit de la mission Hayabusa, «faucon pèlerin» en japonais.

Soulignons qu'il y a quelques mois, nous avons parlé dans notre balado *Un automne planétaire* d'une sonde Hayabusa qui, en ce moment même, ausculte l'astéroïde Ryugu. Si tout va bien, celle-ci nous rapportera l'an prochain (en décembre 2020) des échantillons. Il s'agit cependant de la mission Hayabusa 2; mais aujourd'hui, nous parlons d'Hayabusa 1!

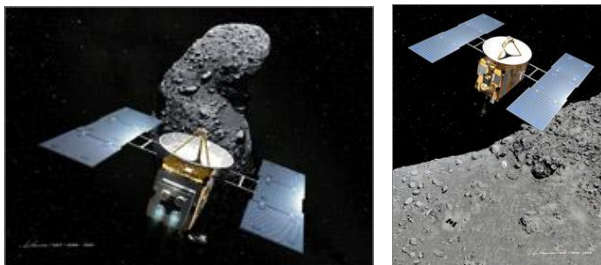


La sonde Hayabusa 1.

Comme on le verra, c'est une mission extrêmement complexe, puisque les contrôleurs japonais ont été confrontés à une foule de problèmes... qu'ils ont résolus avec brio.

Au départ du cosmodrome de Kagoshima (centre spatial de Tanegashima), le 9 mai 2003, Hayabusa devait aborder l'astéroïde Itokawa en septembre 2005, y prélever quelques grammes d'échantillon et revenir sur Terre en 2007. Elle emportait avec elle un petit atterrisseur appelé MINERVA, pour *Micro/Nano Experimental Robot Vehicle for Asteroid*.

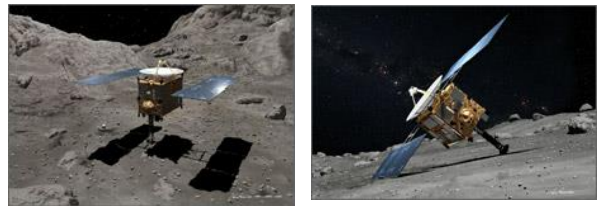
La sonde s'est servie de l'assistance gravitationnelle de la Terre, en passant à 3 725 kilomètres un an après son lancement. Mais peu après, elle a subi l'une des plus grandes tempêtes solaires jamais enregistrées, tempête qui a endommagé ses panneaux solaires (générateur de l'électricité de bord). Mais la petite Hayabusa n'était pas au bout de ses peines, loin de là!



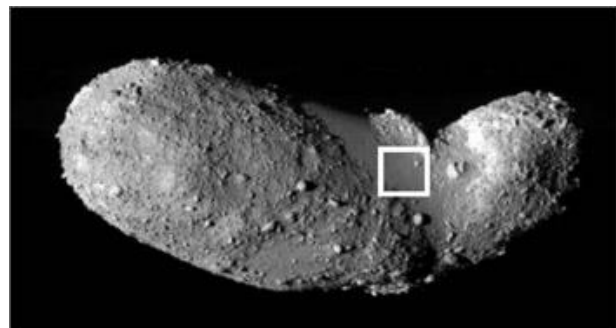
Hayabusa s'approchant de l'astéroïde Itokawa.

En effet, elle arrive dans les parages d'Itokawa en septembre 2005 mais elle n'est pas en mesure de s'y poser tel que prévu, à cause d'ennuis techniques dont nous vous épargnerons les détails. Les contrôleurs parviennent néanmoins à placer l'engin autour de l'astéroïde, afin de l'étudier de près.

C'est ainsi que le 12 novembre, alors qu'elle s'approche à seulement 55 mètres d'Itokawa, Hayabusa largue son atterrisseur (ci-contre). Hélas, une erreur de transmission de données a pour conséquence que MINERVA rate sa cible et se perd dans l'espace.



Puis, une semaine plus tard, Hayabusa se pose sur l'astéroïde, mais ne parvient pas à y prélever un échantillon (ci-dessus). Elle redécolle peu après, réalisant ainsi le premier décollage d'un corps céleste autre que la Lune. Elle se pose à nouveau une semaine plus tard, mais ne paraît pas avoir réussi à prélever une quantité appréciable d'échantillons d'Itokawa.



Le site d'atterrissage de la sonde Hayabusa (carré) sur l'astéroïde Itokawa.

Précisons que, lors de ce second atterrissage, la sonde subit une avarie qui provoque une fuite de carburant. Mais elle parvient néanmoins à s'envoler de nouveau.

Toutefois, peu après, Hayabusa se met à tourbillonner sur elle-même dans tous les sens, ce qui a pour conséquence que les contrôleurs perdent tout contact radio. La sonde semble irrémédiablement perdue!

Mais pas si vite, les contrôleurs n'ont pas dit leurs derniers mots! Fin janvier 2006, ils parviennent à rétablir la communication radio, mais ce n'est que *trois ans plus tard* qu'ils parviendront à lui faire reprendre la route vers la Terre.

Incroyable! C'est là un exploit unique dans les annales de l'astronautique.

C'est ainsi que le 4 juin 2010, la capsule d'Hayabusa aborde la Terre (photo). Après un rigoureux freinage dans l'atmosphère, la sonde descend en parachute et se pose sans encombre dans un désert d'Australie – tel que prévu... mais avec trois ans de retard!

Qu'à cela ne tienne, les Japonais venaient d'accomplir le plus long voyage,



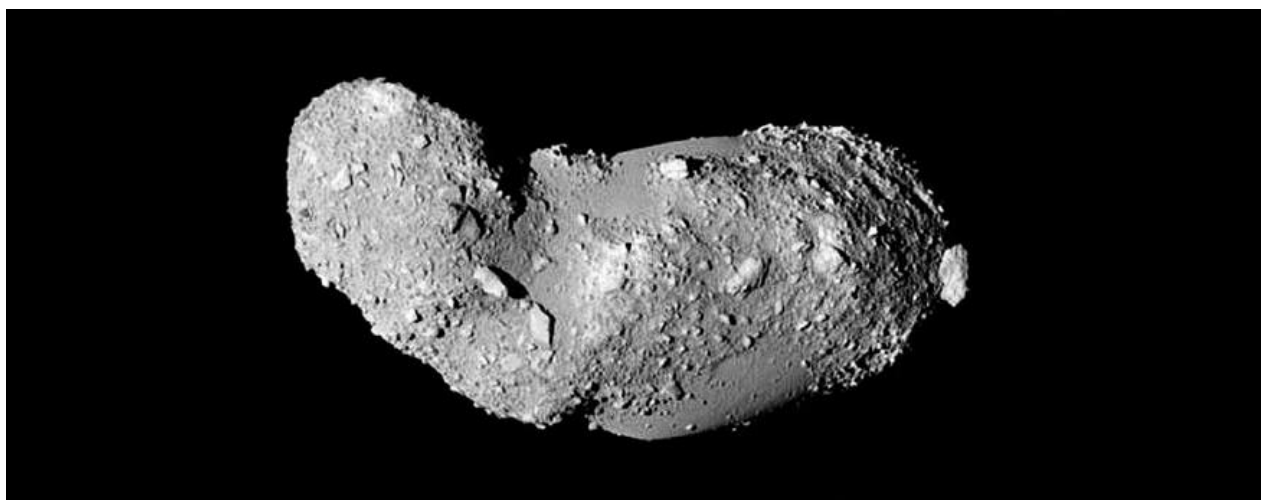
avec retour sur Terre, d'un engin spatial: sept années.

De surcroît, la capsule se pose à 500 mètres seulement du point visé. C'est un exploit remarquable, non seulement d'être revenu sur Terre mais d'avoir en plus surmonté une foule de difficultés et de pannes techniques de toute sorte.

Et ô bonheur, en ouvrant la capsule, les Japonais ont la joie de découvrir quelques microgrammes d'échantillons prélevés à même le sol d'Itokawa. Ils récupèrent ainsi 1 500 grains de poussière, dont la plupart mesurent moins de 10 microns. C'est très peu, dirons-nous, mais néanmoins suffisant pour mener à bien quantité d'analyses en laboratoire.

L'astéroïde Itokawa a été découvert en 1998 et porte le numéro 25 143 de tous les astéroïdes répertoriés à ce jour. Il s'agit d'un petit astre qui a la forme d'une arachide, mesurant 535 mètres de long pour un diamètre d'environ 250 mètres.

C'est un *géocroiseur*, c'est-à-dire un astéroïde qui croise de temps à autre l'orbite de la Terre et qui pourrait un jour présenter une menace (mais pas dans un avenir prévisible).



L'astéroïde Itokawa. Un rochet de 535 mètres de long par quelques 250 mètres de largeur.

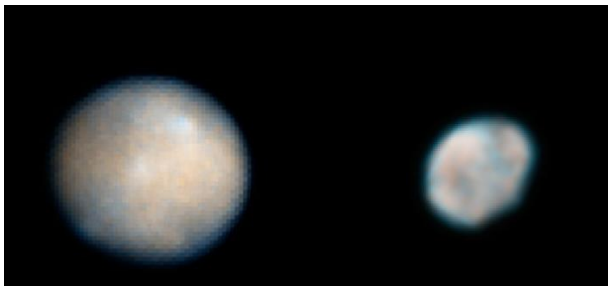
Les échantillons rapportés par Hayabusa indiquent qu'Itokawa serait constitué de fragments qui auraient jadis fait partie de l'intérieur d'un plus gros astre. Ces fragments ne seraient exposés à l'espace que

depuis 8 millions d'années, ce qui est très récent. Que s'est-il donc passé il y a 8 millions d'années – dans les parages de la Terre? – et qui aurait donné naissance à Itokawa?

## VI – Dawn découvre... des mondes d'eau

Le 27 septembre 2007, la NASA amorce une nouvelle phase de l'exploration des astéroïdes: durant des années, la sonde *Dawn* (aube en anglais) ausculte les deux plus gros membres de la Ceinture d'astéroïdes. Il s'agit de Cérès, le tout premier astéroïde découvert en 1801, et de Vesta, le quatrième, découvert en 1807.

Étant donné sa grande taille (950 kilomètres), Cérès est à présent considéré comme une *planète naine*, au côté de Pluton et d'une demi-douzaine d'autres. Quant à Vesta, cet *astéroïde* mesure 500 km de diamètre. Par comparaison, la Lune, notre *satellite naturel*, mesure 3 500 km de diamètre tandis que Pluton fait 2 400 km.



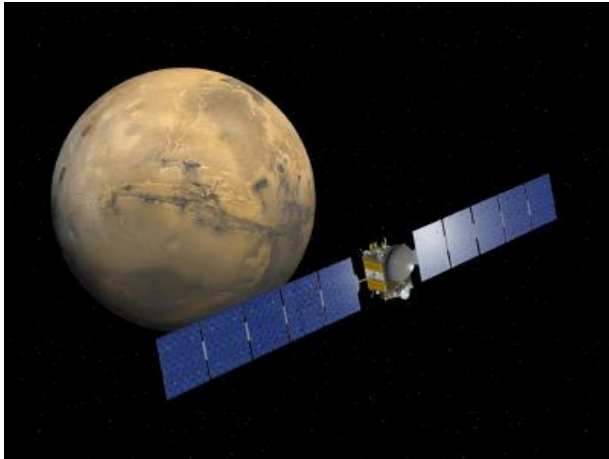
Cérès et Vesta photographiés par Hubble.

Cérès et Vesta sont des *protoplanètes* qui n'ont guère changé depuis leur formation, il y a 4,6 milliards d'années. Pour la NASA, l'objectif de la mission *Dawn* est triple: (1) étudier les conditions qui prévalaient à la naissance du Système solaire; (2) étudier la nature des protoplanètes qui ont servi de matériau de base à la formation des planètes que nous connaissons; et (3) comparer l'évolution de deux petits astres fort différents.

*Dawn* s'est donc envolée de Cap Canaveral en septembre 2007 et est passée à 542 kilomètres de Mars le 18 février 2009, afin de bénéficier d'une assistance gravitationnelle qui lui a conféré l'énergie nécessaire pour atteindre la Ceinture d'astéroïdes.

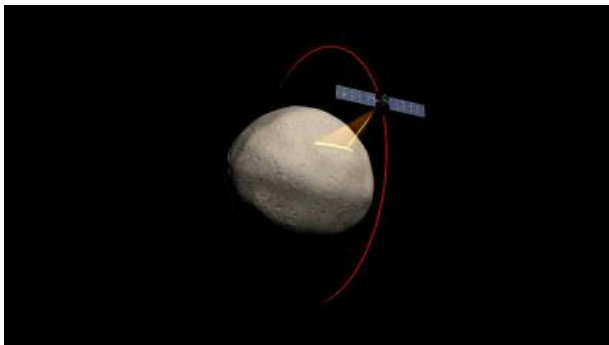


La sonde Dawn, munie de deux immenses panneaux solaires, faisait 20 mètres d'envergure.



En février 2009, Dawn passe à 542 km de Mars.

C'est finalement le 16 juillet 2011 que la sonde se place en orbite autour de Vesta. Elle devenait ainsi la première sonde à graviter autour de l'un des astres formant la Ceinture d'astéroïdes.

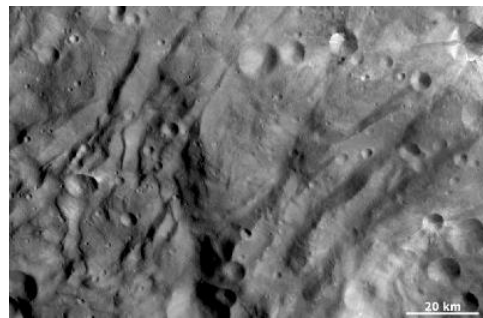


La sonde Dawn auscultant l'astéroïde Vesta.

Durant une année, la sonde cartographie soigneusement l'astéroïde, ce qui permet aux planétologues de dresser des cartes en couleur et stéréoscopiques. La sonde a maintes fois changé d'orbite, ce qui lui permet entre autre de détecter des

variations dans le champ gravitationnel de l'astre. On a ainsi découvert qu'au cœur de Vesta se trouve un noyau de fer et de nickel semblable à celui de la Terre.

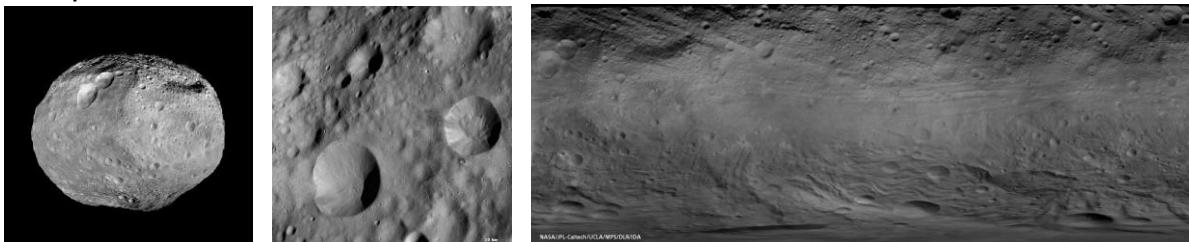
Mais la découverte la plus intéressante a été de repérer à la surface de l'astéroïde des rigoles sinueuses qui pourraient avoir été creusées par le ruissellement de l'eau. De ce fait, on estime que Vesta pourrait s'apparenter davantage à la Terre qu'aux autres astéroïdes. Qui sait, peut-être a-t-on ici affaire à une véritable petite planète?



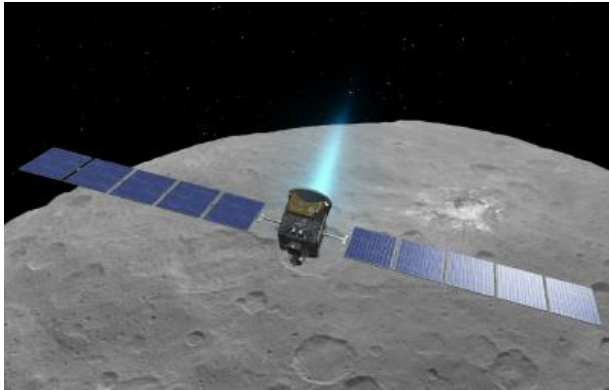
Terrain crevasse de Vesta.

Puis le 5 septembre 2012, la sonde quitte les parages de Vesta pour naviguer à travers la Ceinture d'astéroïdes. Elle mettra deux ans et demi pour parvenir jusqu'à Cérès, s'y plaçant en orbite le 7 mars 2015.

Dès lors, *Dawn* ausculte sous toutes ses coutures la planète naine durant près de quatre ans, changeant souvent d'orbites afin de prendre de multiples mesures et des dizaines de milliers de photos. On cherche entre autre des indices de la présence d'eau.



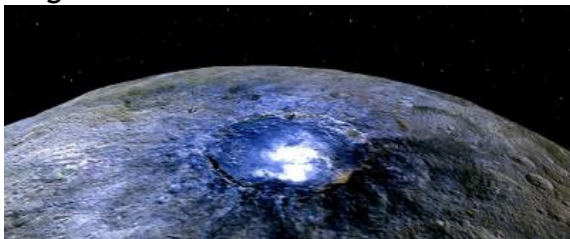
Trois vues de Vesta: à gauche, l'astre dans son ensemble, au centre, un gros plan de sa surface et, à droite, panorama de l'équateur de l'astéroïde.



Dawn en orbite autour de Cérés.

Justement, l'une des plus importantes découvertes faites par la sonde a été de repérer la présence, très répandue, de glace sous la surface de Cérés. La sonde révèle donc qu'il s'agit d'un véritable «monde d'eau» (comme la Terre) où il y a eu jadis des océans liquides.

Et l'une des choses qui a le plus intrigué les chercheurs, c'est la présence de taches d'un blanc immaculé qu'on voit en certains endroits sur Cérés. De quoi s'agit-il?



L'une des étonnantes taches immaculées de Cérés.

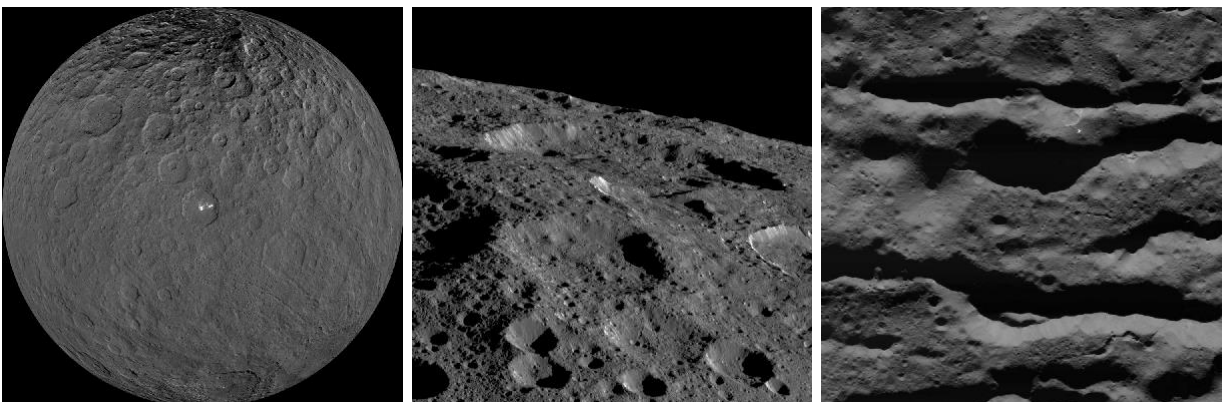
Non, pas de la glace... mais des dépôts de sel – chose unique dans le Système solaire. Ces dépôts auraient été laissés derrière par suite de la disparition des océans.

Les observations de *Dawn* alimentent ainsi l'idée que les planètes naines (dont Pluton et Cérés) pourraient avoir possédé des océans durant une bonne partie de leur existence. Peut-être en retrouve-t-on encore sous des couches de glace? Comme quoi, on a encore beaucoup à apprendre d'eux.

\* \* \*

D'autre part, la sonde européenne Rosetta, qui a étudié la comète «Tchouri» (Tchouriomov-Guérassimenko) entre 2014 et 2016, avait survolé, chemin faisant, les astéroïdes 2867 Steins et 21 Lutèce.

Elle nous a alors transmis de spectaculaires images de ces deux mondes. En particulier, Rosetta nous a révélé que Steins a la forme d'un diamant d'environ 5 kilomètres. Quant à Lutèce, il s'agit d'un astre aux formes torturées de 120 kilomètres de long et traversé par un système de rainures et d'escarpements. Ce «gros rocher» difforme a sûrement toute une histoire à nous raconter.



Cérés dans son ensemble, et deux vues de son sol ravagé par des cratères et par des crevasses.

# Conclusion

Il y a six mois, le 1<sup>er</sup> novembre 2018, la sonde *Dawn* concluait sa longue mission d'exploration de la Ceinture d'astéroïdes. Entre-temps, et comme nous l'avons relaté dans notre balado *Un automne planétaire*, la NASA poursuit l'étude des astéroïdes à l'aide de la sonde OSIRIS-REx, mission à laquelle est d'ailleurs associée l'Agence spatiale canadienne. Celle-ci ausculte présentement Bénou et, si tout continue de bien aller, elle devrait revenir se poser sur Terre, dans le désert de l'Utah, le 24 septembre 2023, nous rapportant des échantillons de l'astéroïde.

Même chose du côté japonais, alors que la sonde Hayabusa 2 est en voie de remplir sa mission, qui consiste à nous rapporter en décembre 2020 des échantillons de Ryugu. Jusqu'à présent, cette mission se déroule parfaitement; de toute évidence, les Japonais ont beaucoup appris de leur expérience avec Hayabusa 1.

**Claude, que doit-on retenir de l'exploration des astéroïdes qu'on mène depuis deux décennies?**

Je dirais d'abord que, puisque tous les astéroïdes nous apparaissent dans nos télescopes que comme de minuscules points à peine visibles, chaque fois qu'une sonde en croise un, c'est une révélation. Chaque astéroïde semble posséder sa propre personnalité, revêtant souvent une apparence qui étonne.

J'ajouterai que, durant longtemps, on s'est peu intéressé aux astéroïdes, on les considérait que comme des rochers ordinaires traînant par-ci, par là à travers le Système solaire. Mais voilà qu'on découvre à présent qu'ils sont beaucoup plus intéressants et diversifiés qu'on l'avait envisagé. Ce sont des corps célestes à explorer!

**De fait, plusieurs astéroïdes semblent être des mondes à part entière, de petites planètes sur lesquelles il s'est passé**

**des choses, sur lesquelles des «événements» se sont produits?**

En fait, chacun semble avoir une histoire à raconter. Et l'histoire qu'ils nous racontent collectivement, c'est celle de la formation du Système solaire, de nos origines, de ce qui a donné naissance à la Terre et pourquoi notre planète est ce qu'elle est. Les astéroïdes, ce sont en quelque sorte nos toutes premières archives.

**Et lorsqu'on pense à nos «origines», on pense également à l'apparition de la vie sur Terre... et pourquoi pas, ailleurs dans le Système solaire. Or, les petits astres ont justement quelque chose à nous enseigner à ce sujet-là?**

Et oui. Justement, c'est là une question emballante... à laquelle on ne songeait même pas il y a une trentaine d'années.

Or, au cours des dernières décennies, on a découvert la présence possible d'océans sous la surface de glace d'Europe et d'Encelade, des lunes de Jupiter et de Saturne. On a aussi repéré quantité d'indices d'eau sur Mars. Et voilà qu'on envisage la possibilité d'océan sous les glaces de Pluton et, qui sait, peut-être même de Cérés. L'eau liquide a peut-être coulé à flot jadis, si je puis dire. Or, voilà qui étonne... et qui fait rêver, rêver à des possibilités de vie... de la vie très primitive,

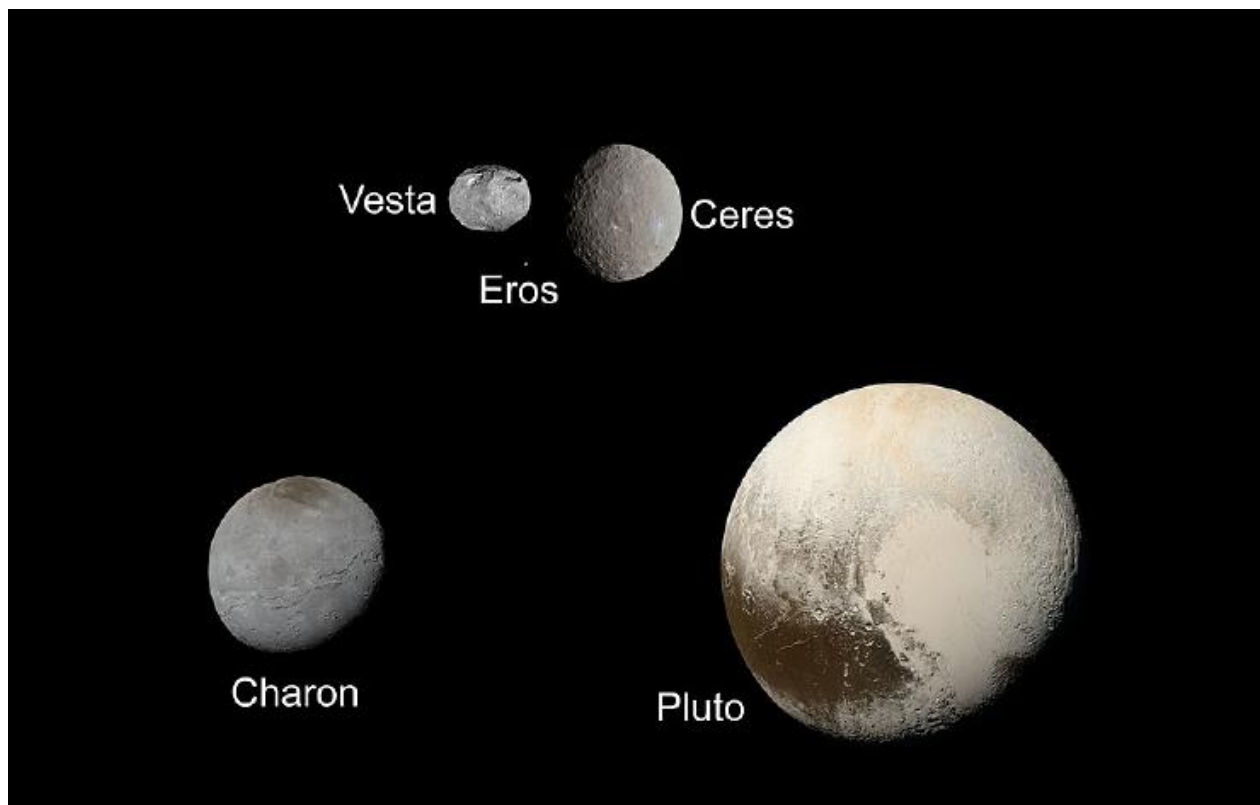
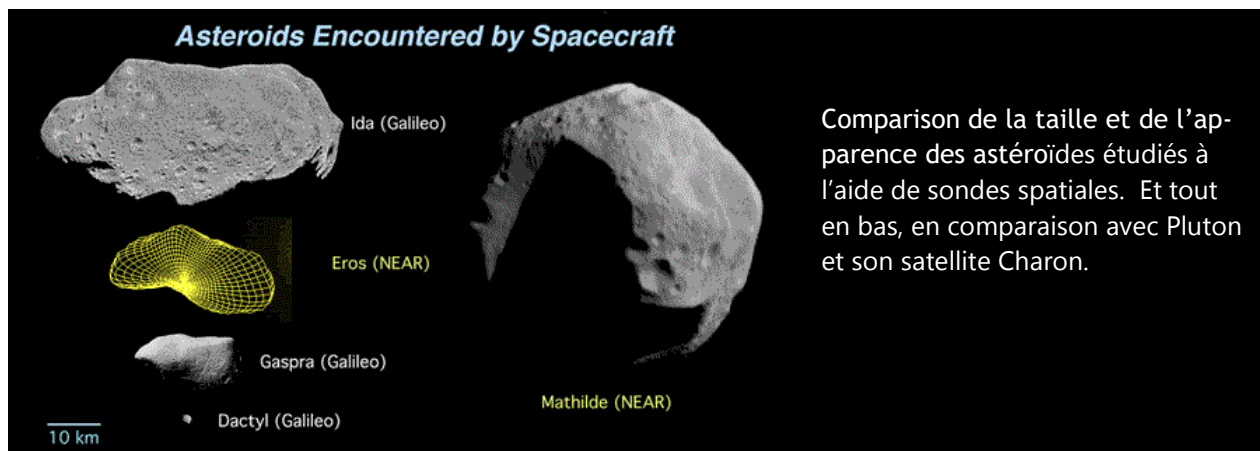
mais entendons-nous bien: pas d'extraterrestres ni de petits hommes verts!

Et ça, ça pourrait bien être notre seule chance de mettre la main sur de véritables échantillons de vie extraterrestre pour les étudier en laboratoire.

Voilà donc que certaines de ces petites planètes pourraient un jour nous offrir la possibilité d'étudier des échantillons de

vie extraterrestre. Ce serait formidable, n'est-ce pas? Comme quoi, il nous reste beaucoup à apprendre des astéroïdes et autres petits corps célestes.

Voilà donc qui conclut ce premier épisode de *Vingt ans d'exploration du Système solaire*. À suivre... éventuellement.



# Les Fascicules de *Voyage dans l'espace* (disponibles sur [patreon.com/voyagedanslespace](https://patreon.com/voyagedanslespace))

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

# Les Fascicules de *Voyage dans l'espace* (disponibles sur [patreon.com/voyagedanslespace](https://patreon.com/voyagedanslespace))

<b>VOYAGE DANS L'ESPACE</b> Épisode <b>24</b>	<b>VOYAGE DANS L'ESPACE</b> Épisode <b>25</b>	<b>VOYAGE DANS L'ESPACE</b> Épisode <b>26</b>	<b>VOYAGE DANS L'ESPACE</b> Épisode <b>27</b>
DEMAIN LA LUNE	À QUOI SERT L'ESPACE?	ALEXEÏ LEONOV	PARLONS DE... CAPSULES SPATIALES!
			
Quand retournerons-nous sur la Lune et pour y faire quoi?	Vaut-il vraiment la peine de dépenser des milliards dans l'espace?	Le cosmonaute aux sept vies	Pourquoi sommes-nous revenus à l'ère des capsules?
Fascicule 24	Fascicule 25	Fascicule 26	Fascicule 27
<b>VOYAGE DANS L'ESPACE</b> Épisode <b>28</b>	<b>VOYAGE DANS L'ESPACE</b> Épisode <b>29</b>		
VIKING, LA FASCINANTE DÉCOUVERTE DE LA VIE SUR MARS	LA GRANDE PEUR DE 1910		
			
En attendant le jour où on découvrira une planète habitable	Quand le passé est garant de l'avenir		
Fascicule 28	Fascicule 29		