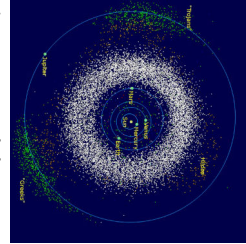
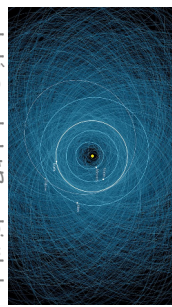


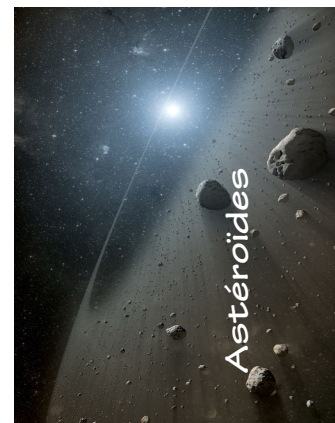
La plupart des astéroïdes orbitent entre Mars et Jupiter, une zone appelée la « ceinture principale d'astéroïdes » (en blanc sur la figure). Mais beaucoup d'autres sont proches de la Terre (astéroïdes géocroiseurs) en co-orbités planétaires : par exemple, les troiens de Jupiter (en vert).

Ce diagramme montre les orbites de 2 200 objets potentiellement dangereux.

calculées par le Jet Propulsion Laboratory Center pour l'étude des astéroïdes géocroiseurs. L'orbite de la Terre est représentée en blanc. On voit également l'orbite du double astéroïde Didymos, visité par la mission de défense planétaire DART. (voir pp. 9 et 10)



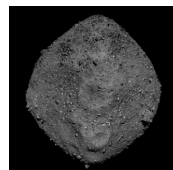
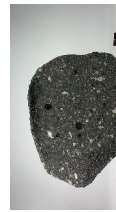
L'Univers dans ma poche



Antonella Barucci
LIRA, Observatoire de Paris - PSL



Lequel de ces objets n'est pas un astéroïde ?



Réponse au verso

Objets géocroiseurs

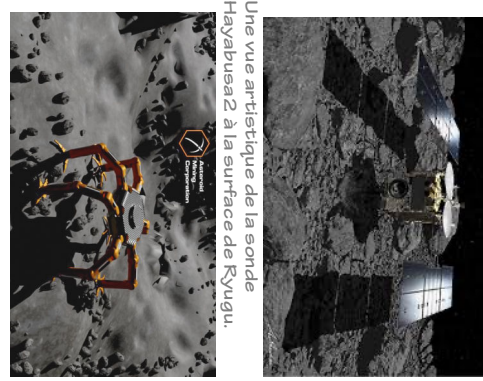
Les objets géocroiseurs sont des astéroïdes ou des comètes dont la distance minimale au Soleil est inférieure à 1,3 fois la distance Terre-Soleil. Si l'orbite d'un géocroiseur croise l'orbite de la Terre, il présente un danger de collision et si son diamètre est supérieur à 140 m, il devient un **objet potentiellement dangereux**. Certains passent si près de la Terre qu'ils sont des cibles faciles pour les missions spatiales.

La meilleure façon de protéger la Terre des collisions avec ces objets est de les détecter tous et de caractériser leurs orbites. La NASA et l'ESA ont financé de nombreux programmes pour les repérer et les dévier en cas de collision potentielle. La méthode de déviation la plus simple est celle de l'« impacteur cinétique », testée par la mission DART de la NASA. En 2022, la sonde spatiale a été projetée sur Dimorphos, la lune de l'astéroïde Didymos, modifiant son orbite.

Exploitation minière des astéroïdes

Les astéroïdes peuvent contenir des métaux précieux comme l'or, le cobalt, le fer, le manganèse, le nickel, le platine, le rhodium, le tungstène et l'indium etc. Depuis les années 1990, la NASA et diverses entreprises privées envisagent de les exploiter pour en extraire des métaux et des composés volatiles. Récemment, de riches entrepreneurs ont proposé de séparer l'eau des astéroïdes en hydrogène et en oxygène afin de créer des dépôts de combustible dans l'espace.

De nombreuses entreprises des États-Unis, d'Europe et de Chine ont manifesté leur intérêt pour cette entreprise ambitieuse. Le coût de l'extraction et du retour du matériel sur Terre est en cours d'évaluation afin de déterminer si l'exploitation minière des astéroïdes est une possibilité viable ou simplement une spéculation.



Le robot SGAR-E, développé par l'Asteroid Mining Corporation, conçu pour l'exploration des cratères lunaires et la prospection d'astéroïdes.

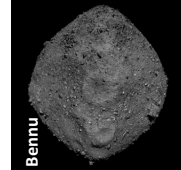
Composition

La composition des astéroïdes peut être déterminée par spectroscopie. La lumière du soleil est absorbée à des longueurs d'onde particulières en fonction des minéraux présents à la surface. La lumière réfléchie porte une signature spectrale de la composition minéralogique de la surface de l'astéroïde. La composition peut également être déterminée à partir d'échantillons rapportés sur Terre. Ce fut le cas pour 101955 Bennu (mission OSIRIS-REX de la NASA) et 162173 (Mission Hayabusa2 de la JAXA).

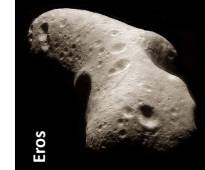
Selon leur composition, les astéroïdes sont classés en plusieurs groupes : type C (carboné), type S (silicatés) et type M (métallique).

La connaissance de la composition des astéroïdes est importante pour déterminer où ils se sont formés et permet de mieux comprendre leur évolution.

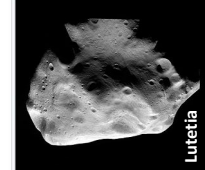
Les astéroïdes de type C (carbonés) sont sombres et contiennent des molécules de carbone. Ils sont les plus primitifs (semblables à la matière primordiale qui a formé le Système solaire). Environ 75% des astéroïdes connus appartiennent à cette classe. 101955 Bennu est de type C.



La deuxième classe d'astéroïdes la plus courante est le type S (silicatés), formé de matériaux rocheux. 433 Eros, visité par la mission NEAR de la NASA, est un astéroïde de type S.



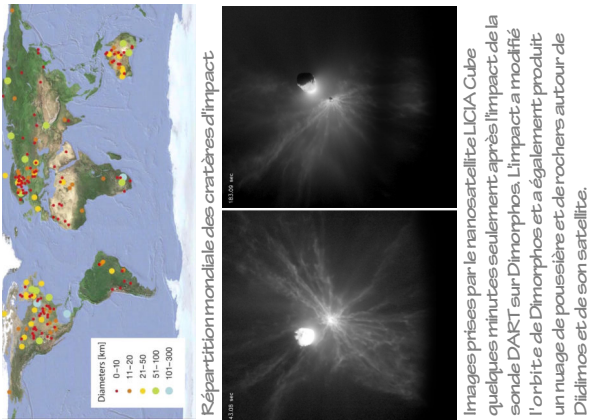
Les astéroïdes de type M (métalliques) sont des objets constitués avant tout de fer métallique et de nickel. L'astéroïde 21 Lutetia, observé par la mission Rosetta de l'ESA lors d'un survol en 2010, est probablement un mélange de matériau métallique et carboné.



L'importance des astéroïdes

L'étude des astéroïdes renseigne sur l'origine de la vie sur Terre. Selon les scénarios actuels, des apports exogènes de matière organique, notamment via des chondrites carbonées (sous forme de planétésimaux ou de poussières cosmiques), auraient pu importer d'énormes quantités de molécules organiques complexes et d'eau nécessaires à l'apparition de la vie. Par exemple, l'analyse d'échantillons de Ryugu a montré que l'eau enfermée dans les roches de l'astéroïde est similaire à l'eau trouvée dans les océans de la Terre. L'analyse d'échantillons de Bennu a révélé des milliers de composés organiques, y compris des acides aminés (ces molécules dont sont faites les protéines) ainsi que des nucléobases d'ADN/ARN.

Tout ceci soutient la théorie selon laquelle les astéroïdes ont apporté ces ingrédients vitaux à la Terre lorsqu'ils ont percuté notre planète il y a des milliards d'années.



Collisions

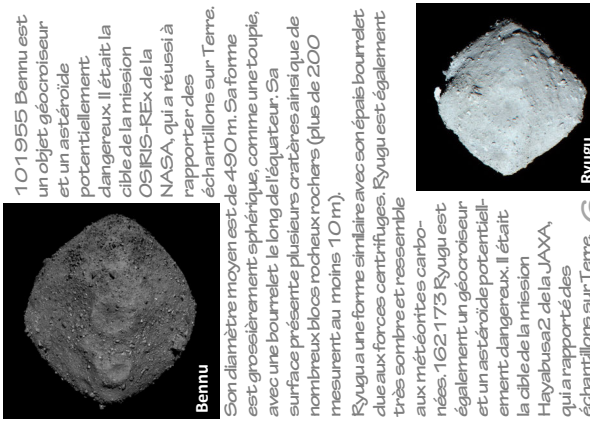
Toutes les planètes du Système solaire ont subi un bombardement continu depuis leur formation.

Un impact majeur a probablement formé le système Terre-Lune (voir tulimp 02).

Certaines molécules prébiotiques auraient pu être apportées par des corps célestes lors d'impacts, conduisant à l'apparition de formes de proto-vie.

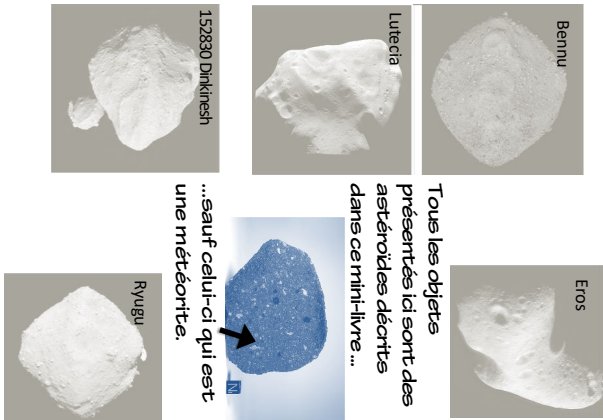
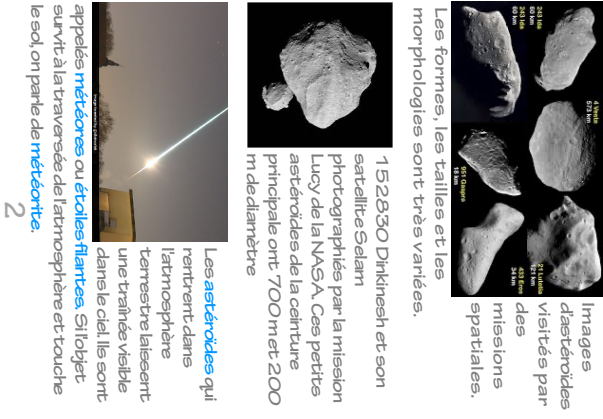
La Terre a subi une extinction massive il y a environ 65 millions d'années, lorsque les dinosaures, ainsi que 90 % de toutes les autres espèces vivantes, ont disparu en peu de temps. Il existe des preuves que cette extinction a été causée par une collision avec un astéroïde provoquant un changement climatique brutal et affectant l'environnement global de la Terre (voir tulimp 21).

Plus de 190 cratères ont été découverts sur Terre avec des structures d'impact similaires au Meteor Crater en Arizona.



101955 Bennu est un objet géocroiseur et un astéroïde potentiellement dangereux. Il était la cible de la mission OSIRIS-REX de la NASA, qui a réussi à rapporter des échantillons sur Terre. Son diamètre moyen est de 490 m. Sa forme est grossièrement sphérique, comme une toupie, avec une bourrelet le long de l'équateur. Sa surface présente plusieurs cratères ainsi que de nombreux blocs rocheux (plus de 200 mesurent au moins 10 m).

Ryugu a une forme similaire avec son épais bourrelet due aux forces centrifuges. Ryugu est également très sombre et ressemble aux météorites carbonées. 162173 Ryugu est également un géocroiseur et un astéroïde potentiellement dangereux. Il était la cible de la mission Hayabusa2 de la JAXA, qui a rapporté des échantillons sur Terre.



L'Univers dans ma poche N° 49

Ce mini-livre a été écrit en 2025 par Antonella Barucci du LIRA (Laboratoire d'instrumentation et de Recherche en Astrophysique) de l'Observatoire de Paris et révisé par Grażyna Stasińska (Observatoire de Paris).

Image de couverture: Image d'artiste d'astéroïdes: il y en a probablement plus d'un million dans la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter. Crédit: 1: NASA/JPL - Caltech, 2: NASA, 4-1 NASA, 4-2 NASA, 4-3: ESA, 6-1: NASA, 6-2: JAXA, 8-1: Wikipedia, 8-2: NASA, 10-1: (<http://www.unhcr.ca/pasec/impactdbase/>), 10-2: NASA DART & LICIACube, 12-1: Akihiko Ikebuchi, 12-2: Asteroid Mining Corporation

Pour en savoir plus sur cette série et sur les sujets présentés dans ce mini-livre, consultez le site <http://www.tulimp.org>

Traduction: Grażyna Stasińska
TULIP Creative Commons

Que sont les astéroïdes ?

Les astéroïdes sont de petits corps du Système solaire formés par accretion à partir de **planétésimaux** (premiers objets macroscopiques à apparaître dans un disque proto-planétaire) il y a environ 4,6 milliards d'années. Ils ont des tailles de quelques mètres jusqu'à 1000 km. Ils sont en général faits de roches et de métaux, certains contiennent des glaces.

Lorsque les astéroïdes passent près du Soleil, leur température augmente. Si un astéroïde contient des glaces, celles-ci sont sublimées, créant une coma et une queue lumineuses. On dit que l'astéroïde est « actif » et il est classé comme **comète**.

Les objets transneptuniens (situés aux confins du Système solaire) sont classés comme astéroïdes car, au moment de leur découverte, ils ne présentaient pas d'activité, même s'ils contiennent des glaces et sont précurseurs de comètes.