

PLANÈTES, VOYAGE DANS LE SYSTÈME SOLAIRE

Le 7 octobre 2008, au-dessus du Tchad, alors qu'il assure une liaison entre l'Afrique du Sud et les Pays-Bas, un pilote de ligne observe l'entrée d'un petit astéroïde dans l'atmosphère de la Terre.

Les explosions lumineuses, aperçues à 1400 kilomètres de l'avion en direction du Soudan, indiquent une fragmentation de ce corps extraterrestre de quelques mètres de diamètre.

Une telle observation, déjà rare, est ici unique : l'astéroïde, baptisé 2008 TC3, a été découvert la veille alors qu'il était encore dans l'espace. Détecté par le programme automatique du Catalina Sky Survey en Arizona, sa trajectoire indique rapidement qu'il va rencontrer la Terre.

Si l'objet est trop petit pour être dangereux, cette découverte n'en est pas moins une première : l'heure et le lieu de l'impact avec l'atmosphère sont annoncés publiquement avec onze heures d'avance, événement confirmé en direct par le pilote de ligne.

Le nuage de poussière chaude libéré par le bolide apparaît sur des images du satellite Meteosat-8, ainsi que trois quart d'heure plus tard sur une photographie prise par un habitant du Soudan.

Mais l'histoire ne s'arrête pas là ! Dans les mois suivants, Peter Jenniskens, astronome à l'institut SETI, et Muawia Hamid Shaddad, astronome à l'université de Khartoum, aidés par des dizaines d'étudiants, retrouvent plusieurs kilogrammes de la météorite, répartis en centaines de fragments, en plein désert de Nubie.

Cette succession d'événements est extraordinaire. C'est la première fois qu'on ramasse une météorite provenant d'un astéroïde d'abord observé dans l'espace !

L'analyse des fragments a révélé la composition de 2008 TC3 et a permis de donner un nom précis à la roche qui composait l'astéroïde.

Presque toutes les météorites trouvées à la surface de la Terre proviennent de la ceinture d'astéroïdes, située entre les orbites de Mars et de Jupiter.

Elle contient environ un million d'objets de plus d'un kilomètre de diamètre, mais seulement quatre d'entre eux dépassent les 500 kilomètres.

Contrairement à une idée répandue, la ceinture d'astéroïdes est très clairsemée, et une sonde spatiale la traverse habituellement sans faire la moindre rencontre !

Beaucoup d'astéroïdes sont multiples, c'est-à-dire composés de plusieurs corps qui tournent les uns autour des autres.

Certains ont une densité très faible et ont l'aspect d'un tas de gravats faiblement soudé et couvert de poussière.

Si presque tous ces objets sont localisés à l'extérieur de l'orbite de Mars, d'autres s'aventurent plus à l'intérieur du système solaire. Certains, les géocroiseurs, recoupent même régulièrement l'orbite de la Terre, comme le faisait 2008 TC3.

Au-delà de l'orbite de Neptune, on connaît une deuxième ceinture, la ceinture de Kuiper, constituée de corps glacés appelés objets transneptuniens. Elle est plus riche en objets de grande taille et souvent dotés de satellites, mais elle est encore mal connue.

Dans les deux ceintures, presque tous les corps sont de forme irrégulière. Seuls les plus massifs sont sphériques et portent alors le nom de planètes naines. Dans la ceinture d'astéroïdes, c'est le cas de Cérès avec ses 950 kilomètres de diamètre. Dans la ceinture de Kuiper, les planètes naines sont plus nombreuses. La plus célèbre est Pluton. Mais elle est accompagnée d'autres corps dépassant les 1000 kilomètres, comme Eris, Haumea ou Makemake.

Il existe une troisième zone abritant une forte concentration de petits corps. Elle est encore plus mystérieuse car beaucoup plus lointaine. Il s'agit du nuage de Oort, un immense réservoir sphérique s'étendant jusqu'à mi-distance des étoiles les plus proches. Il contiendrait des milliards d'objets.

En provenance du nuage de Oort, ou bien de la ceinture de Kuiper, de petits corps glacés entreprennent parfois un voyage vers le système solaire interne. Ce sont les comètes, quittant la périphérie du système solaire sous l'action de perturbations gravitationnelles provoquées par les planètes géantes ou les étoiles voisines.

A l'approche du Soleil, plus particulièrement dès l'intérieur de l'orbite de Jupiter, ces blocs de quelques kilomètres de diamètre subissent la chaleur de notre étoile. La glace se transforme en gaz et libère la poussière qu'elle contient.

Autour du noyau de la comète se développe alors une atmosphère éphémère appelée chevelure ou coma.

Soufflée par le vent solaire, cette chevelure peut produire une queue de gaz et de poussière de plusieurs dizaines de millions de kilomètres.

Observées depuis la nuit des temps, les comètes font parfois des passages spectaculaires et remarquables dans le ciel de la Terre.

Elles sont aussi désormais la cible de missions spatiales qui, elles seules, permettent de révéler leur petit noyau glacé central.

Les comètes, les astéroïdes ou les météorites tombées sur Terre sont les restes des premières étapes de la formation du système solaire.

Il y a 4.6 milliards d'années, à l'intérieur de la Voie Lactée, un grand nuage de gaz et de poussière se contracte. Il s'effondre sur lui-même en plusieurs endroits, probablement déstabilisé par l'explosion de supernovas lointaines.

Des dizaines d'étoiles apparaissent.

Certaines étoiles sont éjectées du nuage. D'autres, comme le Soleil, restent dans la nébuleuse ; et la matière capturée, sous l'effet de la rotation, s'étale en un disque autour de l'étoile.

Observés aujourd'hui autour d'autres étoiles, ces disques de gaz et de poussière sont à l'origine des systèmes planétaires.

Pendant les premiers millions d'années, la matière en rotation autour du Soleil s'assemble en petits corps de taille kilométrique appelés planétésimaux.

Près du Soleil, seules les poussières s'agglomèrent pour former des corps rocheux. Les gaz sont repoussés vers l'extérieur par le puissant rayonnement de la jeune étoile, avant que la température ne s'abaisse suffisamment pour permettre leur condensation.

Loin du Soleil, la température est plus basse. Les gaz les moins volatils se condensent rapidement en corps glacés, qui s'assemblent par collisions et attirent à eux les gaz légers comme l'hydrogène et l'hélium. Tellement rapidement que les quatre planètes gazeuses géantes – Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune – vont se former avant les petites planètes rocheuses.

Après 3 millions d'années, les planétésimaux rocheux évoluent vers des embryons planétaires de plusieurs milliers de kilomètres.

Entre 10 et 100 millions d'années, ces protoplanètes entrent en collisions pour aboutir aux quatre planètes rocheuses – Mercure, Vénus, la Terre et Mars. La Lune naît ainsi, par collision d'une protoplanète avec la Terre en formation.

C'est seulement vers la fin de cette période que des corps en provenance du système solaire externe viennent percuter les planètes rocheuses, apportant une partie de l'eau qui formera le premier océan sur la Terre.

Il y a 4.5 milliards d'années, 100 millions d'années après la formation de la nébuleuse solaire, les collisions qui ont présidé à la formation des planètes se raréfient progressivement.

Pourtant, le système solaire connaît un dernier épisode de bombardement intense, 600 millions d'années plus tard.

Appelé "Grand Bombardement Tardif", son empreinte est visible chaque fois que nous levons la tête vers la Lune : les grands bassins des mers lunaires, visibles à l'œil nu, ont été formés à ce moment-là. Toutes les planètes rocheuses en portent des traces.

On attribue ce cataclysme à une migration des planètes géantes. Il y a 3.9 milliards d'années, une configuration particulière de Jupiter et Saturne, combinant leurs forces gravitationnelles, aurait repoussé Uranus et Neptune plus loin du Soleil, semant la zizanie parmi les petits corps. Ainsi, pendant 150 millions d'années, des objets transneptuniens et des astéroïdes sont précipités en direction des planètes rocheuses. La disposition définitive des ceintures d'astéroïdes et de Kuiper daterait également de cette époque.

Depuis 3.8 milliards d'années, la position des planètes s'est stabilisée.

Les huit planètes de notre système solaire constituent l'aboutissement de l'évolution du disque de gaz et de poussière que possédait notre étoile à son origine.

Toutes les planètes sont assez massives pour être sphériques et pour avoir nettoyé l'espace le long de la trajectoire qu'elles parcourent autour du Soleil. Tous les petits corps qui se trouvaient à proximité ont été soit éjectés, soit capturés.

Le Soleil, quant à lui, est de très loin le corps le plus massif du système solaire, puisqu'il représente à lui seul 99.9% de sa masse totale.

De la plus petite des planètes rocheuses à la plus grande des planètes gazeuses, l'exploration spatiale nous permet de dresser le portrait du système solaire d'aujourd'hui...

Mercure, la plus petite des planètes, est aussi la plus proche du Soleil. C'est une planète très dense en raison de la présence en son centre d'un énorme noyau de fer. Sans atmosphère notable, elle affiche une température de surface qui varie, de l'obscurité à la lumière, entre -160 et 430°C.

Les deux planètes suivantes, Mars et Vénus, encadrent la Terre dans le système solaire. Leur étude est précieuse pour comprendre les conditions qui règnent sur notre planète.

Mars est une planète historiquement captivante, sujette aux spéculations les plus folles à la fin du XIXe siècle quant à l'existence d'éventuels martiens. A l'époque des sondes spatiales, sa proximité, sa géologie variée, ses reliefs grandioses et la présence passée d'eau liquide à sa surface en font toujours une cible de choix. Elle possède deux petits satellites, Phobos et Deimos.

Mais Mars est une planète froide et sèche. Plus éloignée du Soleil et deux fois plus petite que la Terre, elle a perdu la majeure partie de son atmosphère quelques centaines de millions d'années après sa formation. Sans effet de serre suffisant, la température moyenne au sol n'est que de -60°C, et l'eau n'est aujourd'hui présente en surface que sous forme de glace.

Vénus possède une atmosphère dense de gaz carbonique enveloppée de nuages d'acide sulfurique. La température au sol est de 460°C et la pression atmosphérique de 92 fois celle de la Terre, celle que rencontre un sous-marin à un kilomètre de profondeur.

La surface de Vénus, dévoilée par imagerie radar, est jeune et d'origine volcanique. Les sondes qui s'y sont posées n'ont pas fonctionné plus de deux heures dans cet enfer.

Vénus est une planète brûlante et sèche. Plus proche du Soleil et de taille comparable à la Terre, la planète a connu un emballement de son effet de serre. Sous l'action de la chaleur, l'eau primitive de Vénus s'est dissipée dans sa haute atmosphère avant d'être dissociée par les rayons ultraviolets du Soleil.

La plus grande et la plus massive des planètes rocheuses est la Terre.

Un océan liquide en surface, une tectonique des plaques active et la présence de la vie la caractérisent.

La Terre est la seule planète du système solaire dans la "zone habitable" - là où la présence d'eau liquide en surface est possible - zone explorée aujourd'hui autour d'autres étoiles, dans la quête de planètes semblables à la nôtre.

L'effet de serre sur la Terre est modéré et produit une température moyenne au sol de 15°C. Sans lui, la température de notre planète serait de -18°C ! La présence des océans permet le stockage naturel, sous forme de carbonates, d'une partie du gaz carbonique atmosphérique et maintient un certain équilibre.

La Lune joue également un rôle important pour la vie, car elle a stabilisé l'axe de rotation de notre planète et empêche ainsi les variations climatiques brutales.

Ce bel équilibre ne doit pas nous faire oublier que la Terre est un système complexe et fragile. Soumise à des variations naturelles, elle subit aussi aujourd'hui une action globale de l'homme sur ses ressources et son climat.

Dans le système solaire, les planètes plus massives que la Terre appartiennent à une autre catégorie. Uranus et Neptune sont des géantes gazeuses, mais d'un type particulier. Parfois appelées géantes de glace, elles sont principalement composées de glaces d'eau, d'ammoniac et de méthane, et surmontées d'une large atmosphère d'hydrogène et d'hélium.

Une particularité d'Uranus est l'inclinaison de son axe de rotation de 98 degrés, ce qui peut donner l'impression, aux solstices, que la planète "roule" sur son orbite. Il s'ensuit que chaque pôle de la planète est exposé 42 ans au Soleil, pendant que l'autre passe 42 ans dans l'obscurité !

Boule de gaz presque uniforme au solstice, l'atmosphère d'Uranus s'anime à l'équinoxe de structures nuageuses plus nombreuses.

La planète montre un système d'anneaux et cinq satellites principaux, dont Miranda, un corps étonnant à la surface chaotique.

Neptune est la plus lointaine des planètes. Son atmosphère est caractérisée par des tempêtes violentes et des vents dépassant parfois les 2000 km/h.

Elle possède des anneaux et des satellites dont le plus remarquable est Triton, probable ancienne planète naine de la ceinture de Kuiper, capturée par Neptune. Triton, avec ses geysers d'azote, serait ainsi le premier objet de ce type dont nous ayons une image précise. La gravité de Neptune façonne la ceinture de Kuiper, et contrôle le mouvement de nombreux objets transneptuniens comme celui de la planète naine Pluton.

Les deux mastodontes du système solaire, Jupiter et Saturne, sont des planètes géantes gazeuses, composées presque en totalité d'hydrogène et d'hélium enveloppant un noyau solide.

Saturne est certainement la planète la plus populaire : ses anneaux spectaculaires marquent l'esprit de quiconque les observe dans un petit télescope. Survolés par les sondes spatiales, ils composent en association avec l'atmosphère colorée de Saturne des paysages d'une esthétique délicate.

A proximité de la planète, des milliers d'anneaux formés de milliards de blocs de glace, du centimètre à quelques mètres, s'étalent en un disque d'une finesse extrême : seulement dix mètres d'épaisseur pour une extension de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres.

La structure des anneaux, avec ses divisions nettes, se maintient par l'action gravitationnelle de satellites extérieurs, ainsi que par la présence de petits satellites à l'intérieur même des divisions.

Les astronomes retrouvent dans les anneaux de Saturne, à échelle réduite, certains phénomènes associés aux disques de poussière des étoiles.

Saturne possède des dizaines de satellites d'une variété surprenante, des panaches d'Encelade à la texture d'éponge d'Hyperion, en passant par les hémisphères sombre et clair de Japet.

Mais l'un des plus étonnant est Titan, énorme satellite plus grand que la planète Mercure et doté d'une épaisse atmosphère d'azote. Les sondes en ont montré le paysage de méthane gelé parsemé de rivières et de lacs d'éthane, par -180°C .

Jupiter, la plus grande et la plus massive des planètes du système solaire, est un paradis pour les météorologues. Ses bandes nuageuses parallèles abritent des cyclones et des anticyclones colorés qui dessinent des motifs complexes dans l'atmosphère de la géante. Le plus célèbre d'entre eux est la Grande Tache Rouge, gigantesque anticyclone persistant qui contiendrait deux fois la Terre.

Jupiter possède des anneaux discrets et des dizaines de satellites dont les quatre fameux satellites galiléens, observés par Galilée dans sa petite lunette en 1610 : Ganymède, le plus grand satellite du système solaire – Callisto, l'un des plus cratérisé – ainsi que Io et Europe. Ces deux derniers subissent des déformations et un échauffement sous l'action des forces de marée de Jupiter et des satellites voisins.

Pour Io, la chaleur produite se traduit par un intense volcanisme de soufre. Ce satellite atypique est couvert de plus de 400 volcans actifs !

Quant à Europe, il pourrait abriter, sous une mince banquise de glace parcourue de fractures, un océan liquide de 100 kilomètres de profondeur.

Le système solaire montre une diversité extraordinaire qui est le résultat d'une évolution faite de déviations, de captures et de collisions.

Les poids lourds que sont les planètes, accompagnées de leurs satellites, sont l'aboutissement d'un tel processus.

Les petits corps, astéroïdes ou comètes, sont des restes de la formation des planètes. Ils témoignent de 4.6 milliards d'années d'histoire qu'ils permettent de reconstituer par l'étude de leur composition et de leur répartition.

Ils sont également la source de merveilleux spectacles célestes, comme en 1966, lorsque la grande tempête des Léonides a zébré le ciel de milliers de météores. Ces grains de poussière primitive, libérés par les comètes, se désintègrent dans l'atmosphère de la Terre.

Au moment où ils se transforment en étoiles filantes, nous avons dans le même champ de vision ces petits grains primordiaux et le paysage évolué de notre planète, aux deux extrémités d'une longue histoire, celle du système solaire !

Eric Frappa

Production Planétarium de Saint-Etienne 2010
www.planetarium-st-etienne.fr