

LES ASTÉROÏDES, DES PLANÈTES

EN MINIATURE

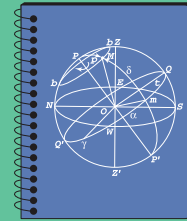
Paul DELAUNAY

Les astéroïdes sont de petits corps célestes gravitant autour du Soleil, principalement situés dans la Ceinture principale entre Mars et Jupiter. Leur découverte a débuté en 1801 avec Cérès, à la suite des recherches fondées sur la loi empirique de Titius-Bode, qui suggérait l'existence d'une planète entre Mars et Jupiter. Cette région est en réalité peuplée de milliers d'astéroïdes dont la formation a été empêchée par l'influence gravitationnelle de Jupiter. Certaines zones de la Ceinture sont désertées à cause des lacunes de Kirkwood, liées à des résonances gravitationnelles. D'autres, au contraire, comme les zones des Troyens de Jupiter, sont stables. Des astéroïdes dits hors-ceinture, tels que les Amor, Apollo et Aten, croisent parfois l'orbite terrestre, représentant un risque de collision. Leur taille varie de quelques mètres à plus de 1000 km, et leur forme est souvent irrégulière. Certains possèdent des satellites. Leur composition (rocheuse, métallique, mixte) permet une classification en différents types selon l'albédo. L'observation visuelle des astéroïdes est difficile mais possible avec un équipement adapté et une bonne préparation. Il est également possible de les photographier. Si le film argentique type TP 2415 mentionné n'est plus utilisé de nos jours, les principes de la détection restent valides.



SOCIÉTÉ
d'ASTRONOMIE
de NANTES

Société Scientifique d'Éducation Populaire agricole Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23
Internet : www.san.asso.fr - E-mail : san@san-fr.com



N° 32

LES ASTÉROÏDES, DES PLANÈTES EN MINIATURE

Paul DELAUNAY



Les Cahiers de la SAN

La Société d'Astronomie de Nantes

Résolument tournée vers le grand public, la SAN vous propose de découvrir l'astronomie ou d'approfondir vos connaissances dans ce domaine de multiples façons :

- Assister aux exposés d'astronomie présentés lors des réunions du vendredi soir, ouvertes à tous les adhérents, au local de la Société à partir de 20h30.
- Consulter ou emprunter l'un des mille ouvrages que possède le fonds bibliothécaire.
- Participer aux observations de découverte ou de perfectionnement. Vous pouvez également emprunter un instrument.
- Assister aux conférences au cours desquelles des astronomes et astrophysiciens de renom viennent présenter les derniers acquis de leurs travaux.
- Solliciter la SAN pour animer des actions pédagogiques préparées à l'attention de public scolaire ou adulte.
- Visiter les expositions auxquelles la SAN participe régulièrement.
- Apporter votre contribution à la réalisation de travaux pratiques d'astronomie tels que la mesure de la masse de Jupiter ou l'évaluation des altitudes des reliefs lunaires.
- Réfléchir et débattre des grands thèmes de la physique, de l'astrophysique et de la science en général au sein d'un groupe de réflexion théorique.
- Enfin, l'astronomie nécessitant des connaissances et des compétences multiples (en optique, mécanique, électronique, etc.), offrir un peu de votre temps pour la conception ou à la réalisation de projets astronomiques.

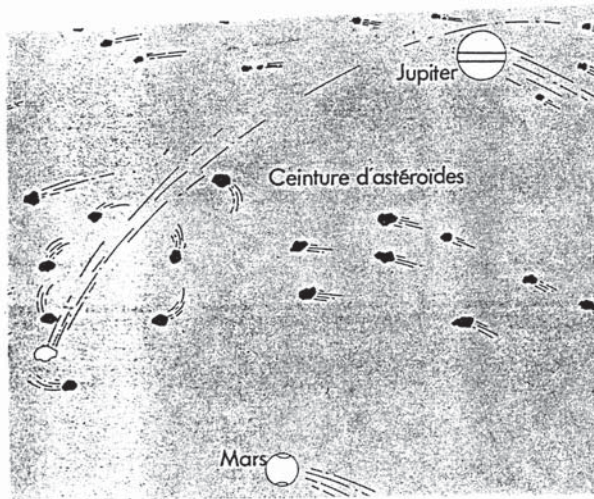
Pour participer à ces activités, il vous suffit de devenir adhérent.

La Société d'Astronomie de Nantes est une association fondée en 1971 et régie par la loi de 1901.

LES ASTÉROÏDES, DES PLANÈTES EN MINIATURE

Paul DELAUNAY

Qualité auteur



Édition 2011

dégagé et tube masqué, on simplifie le chronométrage. Si l'opération est réussie, chaque étoile sera représentée par trois points (ou plus) qui seront tous alignés de façon identique. Un astéroïde apparaîtra également sous forme de points (3 ou plus) mais inclinés par rapport aux étoiles... à moins de tomber sur un « *caillou* » dont l'orbite est exactement parallèle à l'équateur terrestre (ce qui est hautement improbable !).

Très important

Pendant tout le déroulement de cette troisième méthode (période incluant les phases tube dégagé-tube masqué) l'appareil photo doit *rester en pose...* pardon d'insister, mais c'est capital !

Conclusion

Observer la Lune à la lunette ou au télescope est devenu d'une simplicité enfantine... ou presque !

Trouver une planète est un peu plus ardu quoique la luminosité des plus proches facilite grandement le pointage : Uranus, Neptune et Pluton demandent, elles, une connaissance plus approfondie.

Ces objets sont régulièrement « *bombardés* » par les astrophotographes. Les revues d'astronomie d'amateurs regorgent de clichés de Jupiter, Mars, Saturne and Co ; il est vrai que les photographies publiées sont souvent d'excellente qualité (et font la pigne à certains « *astronomes de salon* » qui passent le plus clair de leur temps à... parler d'astronomie plutôt qu'à la pratiquer...).

Il serait bienvenu de voir figurer dans ces revues, par ailleurs fort bien faites, des clichés d'astéroïdes connus... ou pas.

À vos appareils photo !

Nantes, Mai 1991
PAUL DELAUNAY

Les « *Cahiers de la SAN* » sont édités par la Société d'Astronomie de Nantes,
Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports.

35, boulevard Louis-Millet
44300 NANTES

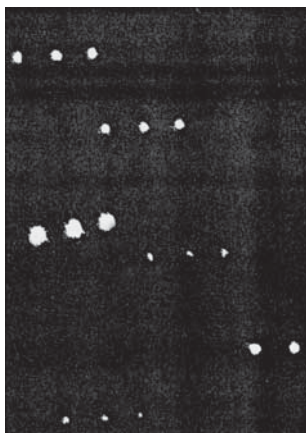
Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23 - E-mail : san@san-fr.com

© Toute reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation de la Société d'Astronomie de Nantes, est interdite.

On choisira de préférence un film noir et blanc de bonne qualité (TP 2415, par exemple).

On notera toujours l'heure précise de début et de fin de pose.

- 1 • On pose "simplement" pendant environ 45 mn (ou plus... ou moins). Si tout s'est bien passé, les étoiles apparaissent ponctuelles, et l'astéroïde trahit sa présence par une traînée d'autant plus longue que la pose a duré : 15° pour une heure de pose.
- 2 • On fait deux photos de la même région du ciel à quelques heures d'intervalle ; ici, la pose peut être réduite à 5 ou 10 mn. En comparant les deux clichés, on remarquera qu'entre les deux poses, l'objet s'est déplacé (il faut alors s'assurer qu'il s'agit bien d'un astéroïde et non d'une planète ou d'une comète...).
- 3 • Cette troisième méthode permet de mettre l'inclinaison de l'orbite d'un astéroïde en évidence. Comme pour les deux méthodes précédentes, on pointe la région où est sensé se trouver l'astéroïde ; l'appareil photo est bien sûr en pose B. On commence la pose (en notant l'heure). Au bout de cinq minutes on masque l'entrée du tube avec un cache (carton noir mat de diamètre supérieur au tube) sans déclencher ; après cinq nouvelles minutes, on dégage le cache, la pose continue. Cinq minutes plus tard, on remet le cache. On renouvelle l'opération le nombre de fois qu'on veut (généralement, on se limite à 3 ou 4). **On ne déclenche qu'après la dernière période de cinq minutes.** On peut réduire ou augmenter le temps durant lequel le tube est déposé ; en choisissant la même durée pour tube



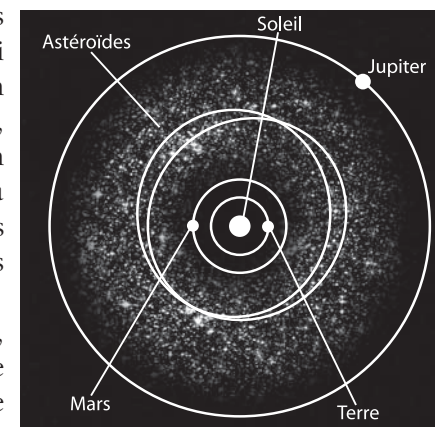
LES ASTÉROÏDES, DES PLANÈTES EN MINIATURE

Introduction

Les astéroïdes sont des « *planètes miniatures* » qui tournent autour du Soleil en décrivant des ellipses. *Cérès*, le plus gros, mesure environ 1 000 km de diamètre mais la plupart sont de dimensions réduites (de quelques mètres à quelques kilomètres).

C'est William HERSCHEL, le découvreur de la planète Uranus, qui leur donna ce nom *astéroïdes* : du grec *aster* = étoile et *eidos* = aspect ; en effet, vus de la Terre, même avec de puissants télescopes, les astéroïdes ressemblent à des étoiles faiblement lumineuses.

Contrairement aux planètes et aux comètes, les astéroïdes ne sont connus que depuis peu de temps (début du XIX^e siècle).



Historique

La découverte des astéroïdes est la conséquence des recherches entreprises pour trouver la *planète manquante* prévue par la « loi » de *Titius-Bode*... De quoi s'agit-il ?

Disons de suite que cette « loi » est complètement empirique ! Elle ne repose sur rien, sinon sur la position des planètes connues à l'époque (1766). Traitant de la distance des planètes au Soleil, cette « loi » prétend leur assigner une place précise !

Johan TITZ (dit Titius), mathématicien allemand (1729-1796) avait monté une « loi » qui sera reprise et « améliorée » par Johan BODE, alors directeur de l'observatoire de Berlin ; cette « loi » avait pour but de déterminer l'emplacement des planètes selon le principe suivant (voir tableau n° 1) :

On désigne la planète la plus proche du Soleil (Mercure) par le chiffre 1, la suivante (Vénus) se voit attribuer le chiffre 3 ; on double ensuite ce chiffre pour chaque planète (Terre : 6, Mars : 12, etc.) ; on ajoute alors 4 à ce dernier chiffre (Terre : $6 + 4 = 10$, Mars : $12 + 4 = 16$, etc.) ; pour terminer, on divise par 10. On obtient ainsi la distance de chaque planète au Soleil en *UA* (*Unité Astronomique* : distance moyenne Terre-Soleil soit 149,6 millions de kilomètres). Dans ce système, on remarque qu'en fait, la Terre sert d'étalon... comme par hasard !...

Planète	Chiffre	Opération	Distance prévue en UA	Distance réelle en UA
Mercure	1	$+ 4 = 5 / 10 =$	0,5	0,39
Vénus	3	$+ 4 = 7 / 10 =$	0,7	0,72
Terre	6	$+ 4 = 10 / 10 =$	1,0	1,00
Mars	12	$+ 4 = 16 / 10 =$	1,6	1,52
?	24	$+ 4 = 28 / 10 =$	2,8	2,80
Jupiter	48	$+ 4 = 52 / 10 =$	5,2	5,20
Saturne	96	$+ 4 = 100 / 10 =$	10,0	9,54
Uranus	192	$+ 4 = 196 / 10 =$	19,6	19,18
Neptune	384	$+ 4 = 388 / 10 =$	38,8	30,06
Pluton	768	$+ 4 = 772 / 10 =$	77,2	39,00

Tableau n° 1 - La « loi » de Titius-Bode

Du fait de la révolution de la Terre, ce point change sans cesse et doit donc être déterminé pour chaque jour d'observation.

Les astéroïdes concernés seront par conséquent en opposition (dans l'alignement Soleil-Terre).

En choisissant un grossissement raisonnable (plus l'on grossit plus le champ est étroit et moins on a de lumière), une quinzaine d'astéroïdes sera visible dans un champ de $10^\circ \times 10^\circ$. Bien sûr, ces « cailloux » ne seront pas toujours les mêmes mais leur nombre à un instant donné ne variera guère.

Vue de la Terre, la magnitude maximale d'un astéroïde sera obtenue lorsqu'il se trouvera en opposition périhélique : c'est la plus petite distance possible entre l'objet et la Terre.

En décalant sa lunette ou son télescope en dehors de la région anti-solaire, on atténue considérablement ses chances qui deviennent quasi nulles à plus de 60° de ladite région.

Moralité : il faut chercher les astéroïdes autour du point antisolaire, en milieu de nuit... et hors période de pleine Lune... fallait-il le préciser ?

Photographier des astéroïdes



Il existe plusieurs façons de procéder ; nous en verrons trois... les instruments non motorisés étant évidemment exclus !

lumineux. Son diamètre angulaire ne dépasse jamais 0,65" (2/3 de seconde d'arc).

Cérès, 1020 km, est très sombre (type C) et n'est visible qu'avec des jumelles (ou un télescope !) comme une dizaine d'autres « *cailloux* ».

Une petite lunette (60 à 80 mm) permet d'observer une soixantaine d'astéroïdes ; un télescope 115/900 en montrera environ 200.

Les instruments de diamètres supérieurs (de 150 à 200 mm) autoriseront l'accès à des magnitudes plus élevées, donc à des « *cailloux* » plus faibles : de 350 à 400.

Ces nombres d'astéroïdes observables s'entendent au cours d'une année et non pas à un instant donné ! Faut pas rêver... Un astéroïde, ça se mérite !

Il reste entendu que pour être sûr que l'objet observé est bien un astéroïde, il est impératif de consulter des cartes du ciel précises et les éphémérides.

Beaucoup (tous ?) d'amateurs ont pointé l'écliptique et ont, inévitablement un jour, eu un ou plusieurs astéroïdes dans leur champ de vision, mais seul un œil exercé peut alors repérer l'intrus parmi les étoiles.

Les astéroïdes, c'est où ?

C'est une bonne question ! En effet, où faut-il pointer pour voir des astéroïdes ?

On l'aura compris, la plupart de ces « *cailloux* » se déplacent le long de l'écliptique, donc à travers les 13 constellations du zodiaque (ne pas oublier *Ophiuchus* !). Cette bande de ciel, de 15° de large, est celle où semble dériver le Soleil au cours de l'année (en fait, c'est la Terre qui tourne autour... non ? si !)

Quelques précautions doivent toutefois être prises si l'on ne veut pas rester perplexe devant ses (belles) photos... étoilées certes, mais totalement dépourvues d'astéroïdes !...

Le meilleur résultat sera obtenu en pointant la région très exactement opposée au Soleil : le *point anti-solaire*.

Lorsque TITUS, en 1766, puis BODE, en 1778, établirent cette « *loi* », la planète Uranus n'avait pas encore été découverte (elle le sera dans la nuit du 12 au 13 mars 1781, vers 23 h, par W. HERSCHTEL).

Appliquée à Uranus, la « *loi* » de Titius-Bode confirme alors les prévisions : elle prévoit en effet une planète à 19,6 UA (Uranus se situe exactement à 19,18 UA)... tout va bien... mais le doute intervient avec la découverte de Neptune, le 23 septembre 1846 : la planète est à 30,06 UA au lieu des 38,8 prévus !...

Le « *coup de grâce* » arrive en février 1930 : l'astronome américain Clyde TOMBAUGH étudie deux clichés pris les 23 et 29 janvier 1930 et remarque qu'un objet s'est déplacé sur le fond des étoiles. Il vient de découvrir Pluton, une nouvelle planète... à 39 UA du Soleil au lieu des... 77,2 prévus par Titius-Bode !

En partant d'un résultat, on peut toujours trouver plusieurs solutions pour y parvenir ; les difficultés surgissent lorsqu'il faut appliquer un même raisonnement à des résultats différents, parfois (souvent !) on se « *plante* » ! C'est ce qui est arrivé à nos deux compères.

La prévision exacte de la position d'Uranus (qui conforta cette « *loi* » à l'époque) n'est qu'une coïncidence.

TITUS est mort en 1796 et BODE en 1826. Ils ne sauront jamais que leur « *loi* » sera balayée par de nouvelles découvertes.

Dans le tableau numéro 1, on remarque qu'il y a un vide entre les orbites de Mars et de Jupiter : il manque une planète !

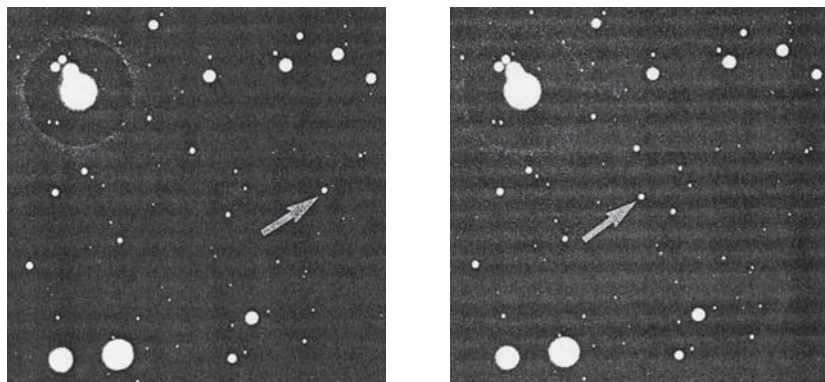
Cette planète manquante sera activement recherchée. Dès 1796, l'astronome français LALANDE (Joseph Jérôme Lefrançois DE LALANDE, 1732-1807) tentera de la découvrir, sans succès.

Découverte des astéroïdes

Directeur de l'observatoire de Palerme (Sicile), Giuseppe PIAZZI a entrepris la réalisation d'un catalogue d'étoiles (qui paraîtra en 1814). Le soir du 1^{er} janvier 1801, son attention est attirée par un objet inconnu dans la constellation du Taureau ; il en relève la position et le retrouve le lendemain. Il pense avoir

affaire à une comète, car l'objet s'est déplacé par rapport aux étoiles.

Après l'avoir suivi pendant quelques jours, il envoie ses relevés à un jeune mathématicien de 24 ans : Karl GAUSS. PIAZZI continue à observer l'astéroïde pendant 41 nuits, puis le perd du fait du mauvais temps.



GAUSS calcule l'orbite de l'objet et en déduit que sa distance au Soleil est de 2,77 UA (414 millions de kilomètres)... comme le prévoit à peu de choses près la « loi » de Titius-Bode (2,8).

Piazzi pense alors avoir découvert la « planète manquante ». Il la baptise *Cérès*, du nom de la déesse romaine des moissons.

Au cours des mois suivants, la position de la Terre ne permet plus d'observer le Taureau ; l'objet est cependant retrouvé fin novembre 1801. L'orbite calculée par GAUSS est confirmée par l'observation.

Quelques mois plus tard, le 28 mars 1802, coup de tonnerre ! Wilhelm OLBERS (1758-1840) vient de découvrir un objet se trouvant, après calculs, à 2,77 UA du Soleil, sur la même orbite que Cérès ! Ce sera *Pallas* (Athéna), déesse grecque de la Pensée : c'est la Minerve des romains.

Une question se pose alors : comment deux planètes peuvent-elles graviter sur une même orbite ?... Ce n'est que lorsqu'on aura déterminé la masse des deux objets que l'on

dans le proche infrarouge montre que certains types sont proportionnellement plus abondants dans des zones précises :

- Les types C dans une bande comprise entre 3 et 4 UA
- Les types S entre 2 et 2,5 UA.

Il reste beaucoup à apprendre sur la physique des astéroïdes. Des missions sont prévues pour envoyer des sondes spatiales automatiques se poser sur plusieurs d'entre eux et rapporter des échantillons vers notre planète.



De la Terre, chercher à approfondir la nature des astéroïdes reste très périlleux : l'expérience a prouvé que, souvent, les données essentielles ne peuvent être révélées qu'avec la présence d'astronautes (missions lunaires).

La sonde *Galileo*, qui devrait atteindre Jupiter en 1995, doit survoler deux astéroïdes : *951 Gaspra*, le 29 octobre 1991 et *253 Ida* le 28 septembre 1993.

Les soviétiques ont programmé la mission *Vesta* pour 1994.

(*Vesta* est le nom de la sonde et non celui de l'astéroïde visé).

L'observation visuelle des astéroïdes

Au risque de décourager le lecteur, il faut avouer qu'un seul astéroïde est vraiment visible à l'œil nu... et encore, au moment de son opposition périhélique ! Il s'agit du quatrième « caillou » découvert, Vesta, qui atteint alors la magnitude 5,5 (limite pour l'œil : 6). Bien que moitié moins gros que *Cérès*, sa couleur très claire lui donne un albédo élevé et le rend donc très

L'albédo se mesure de 0 à 1. Un corps très sombre, qui absorberait toute la lumière solaire qu'il reçoit, aurait un albédo de 0. (Par définition, les trous noirs ont un albédo de 0 !).

Au contraire, un astre (planète, comète, astéroïde) qui réfléchirait la totalité de cette lumière se verrait attribuer un albédo de 1.

On classe les astéroïdes en 6 groupes principaux (qui se subdivisent en sous-groupes).

Les plus nombreux sont les types C et S.

- **Type D** : albédo 0,03. Seuls 3 % de la lumière reçue sont réfléchis. Ce sont donc des corps très sombres.
- **Type C** : albédo 0,02 - 0,06. 45 % des astéroïdes connus sont de ce type. D'un rouge très foncé, ils sont constitués de silicates et de carbone (rappellent donc les météorites dites *chondrites carbonées*).
- **Type S** : albédo 0,10 - 0,22. Environ 30 % des astéroïdes sont de ce type. Semblent provenir du manteau : ils sont constitués d'un mélange de métaux et de roches.
- **Type M** : albédo 0,08 - 0,15. Environ 3 % des astéroïdes. À diamètre égal, sont un peu moins sombres que les S du fait de leur forte teneur en métaux.
- **Type E** : albédo 0,3 - 0,4. 40% de la lumière réfléchis ! Ce sont évidemment des corps très clairs... quoique rougeâtres.
- **Type U** : c'est le « *fourre-tout* » ! On case ici tous les « *cailloux* » qui ne peuvent être classés ailleurs ; environ un astéroïde sur six est de ce type.

Dans la ceinture, les astéroïdes ne sont pas systématiquement répartis selon leur composition ; cependant, l'observation

obtiendra la réponse : Cérès a un diamètre d'environ 1000 km et Pallas d'environ 500 km ; du fait de cette taille réduite, rien ne s'oppose à ce qu'ils aient la même orbite.

Deux petites planètes seulement ?... Les recherches continuent...

Le 1^{er} septembre 1804, l'anglais Carl HARDING découvre un troisième astéroïde qu'il appellera *Junon*.

Le 29 mars 1807, OLBERS (découvreur de Pallas cinq ans auparavant) repère un quatrième « caillou » : *Vesta*.

Ainsi, en six ans, quatre astéroïdes ont été trouvés ; on s'attend logiquement à en découvrir de nombreux autres... mais il faut vite déchanter ; malgré des recherches constantes, rien !

Trente-huit longues années passeront sans nouvelles découvertes. L'imagination aidant, on parlera alors d'une planète qui se serait brisée en quatre morceaux... il semblait évident qu'une planète avait existé entre Mars et Jupiter mais avait dû être victime de quelque collision effroyable !

L'espoir renaît le 8 décembre 1845 ; Karl HENCKE vient de remarquer un « *intrus* » parmi les étoiles : ce sera le n° 5, *Astrée*.

Il faudra attendre le 1^{er} juillet 1847 pour que ce même Hencke découvre le n° 6, *Hébé*. Un mois et demi plus tard, le 13 août, l'anglais HIND trouve *Iris*, puis *Flora* le 18 octobre.

L'année 1847 marquera une étape importante dans la recherche des astéroïdes. En effet, à partir de cette année-là, tous les ans on trouvera de nouveaux « *cailloux* ».

La moisson continue. En 1848, *Métis* est découvert par GRAHAM. Le 12 avril 1849, DE GASPARIS ajoute *Hygiea* à la liste puis *Parthénope* l'année suivante.

Le 13 septembre 1850, HIND découvre le douzième « *caillou* » et lui donne le nom de la reine d'Angleterre : *Victoria*.

Pour la première fois, le 15 novembre 1852, Cocorico ! un français, GOLDSCHMIDT, repère un nouvel objet : le n° 21, *Lutetia*.

Les découvertes se succèdent à un rythme de plus en plus soutenu. Le n° 50, *Virginia*, est observé par FERGUSON le 4 octobre 1857, 100 ans exactement avant le lancement de Spoutnik 1...

Tous les astéroïdes cités plus haut ont été découverts visuellement, l'œil à l'oculaire de lunettes ou télescopes ; ils gravitent entre les orbites de Mars et de Jupiter, dans une région appelée *Ceinture d'Astéroïdes* (ou *Anneau d'astéroïdes*).

Le 20 décembre 1891, pour la première fois, Max WOLF, de l'observatoire de Heidelberg, découvre un astéroïde par la photographie : c'est le n° 323 *Brucia*. Ce remarquable astronome en découvrira 216 en 35 ans.

Le record revient à Karl REINMUTH : 243 ! Le français CHARLOIS (qui observait à Nice) figure dans le « *peloton de tête* » avec 101.

Le millièmè astéroïde sera observé le 12 août 1923... symboliquement on lui attribuera le nom de... *Piazzini*.

Actuellement, on découvre une vingtaine d'astéroïdes par mois.

Dénomination des astéroïdes

Nous venons de voir que chaque astéroïde porte un nom. Comment et par qui est-il donné ?

Cela se passe en plusieurs étapes. Dès qu'un nouvel objet est signalé (et après vérifications d'usage) on lui attribue le millésime de l'année (comme pour un *Château Petrus* : 1983, etc.) suivi de deux lettres majuscules : la première correspond à la quinzaine (voir tableau n° 2), la seconde à l'ordre de découverte au cours de cette quinzaine. Pour plus de clarté, prenons un exemple :

Le 22 octobre 1977, à l'aide du télescope de Schmidt de 1,22 m du Mont Palomar, Charles KOWAL découvre un nouvel astéroïde. Le « *caillou* » est provisoirement appelé *1977 UB* : *1977* est le millésime, *U* est la lettre qui correspond à la quinzaine du 16 au 31 octobre, *B* parce qu'il s'agit du deuxième objet découvert pendant cette quinzaine. À noter que les lettres *J* et *Z* ne sont pas utilisées (*J* pour ne pas confondre avec *I* et *Z*... parce qu'il n'y a que vingt-quatre quinzaines dans une année !)

mais ont bien résisté. Les astéroïdes de petite taille résultent, pour la plupart, de fragmentations.

Il existe une catégorie intermédiaire qui regroupe à la fois des corps primitifs et des débris de collisions.

À la suite d'impacts incessants, certains astéroïdes ont été complètement détruits : ce qu'il en reste continue à tourner autour du Soleil ou a été absorbé par des « *cailloux* » plus massifs (ou gravite autour d'un corps principal comme satellite).

La surface de nombreux astéroïdes est couverte d'une couche poudreuse (roches pulvérisées) résultant de collisions. La gravité de l'objet, bien que souvent très faible, a cependant suffi à empêcher cette poussière rocheuse de s'échapper dans l'espace.

Cette couche est appelée *régolithe* (de l'arabe *reg* et du grec *lithos* = pierre).

La Lune est recouverte d'un régolithe de 20 à 30 cm. Les traces de pas des astronautes des missions *Apollo* (ne pas confondre avec l'astéroïde 1862 *Apollo* !) y sont inscrites pour des milliers d'années. Il n'y a pas d'érosion (pluie, vent) sur notre satellite naturel.

L'intérieur des plus gros astéroïdes est différencié. La matière y est répartie en couches distinctes.

La partie centrale, (*noyau*), est métallique (fer, nickel). Entourant le noyau, on trouve un *manteau primaire* constitué d'un mélange de métaux et de roches ; un *manteau secondaire* dont le pourcentage en métaux est moindre peut entourer le primaire. Entre la surface visible (régolithe) et le manteau se situe la croûte qui est rocheuse.

Lorsque se produisent des collisions, c'est la croûte qui est le plus souvent touchée ; les débris sont éjectés dans toutes les directions et arrivent parfois jusqu'au sol terrestre : ce sont les célèbres *météorites*.

Le fort pourcentage de météorites rocheuses s'explique donc ainsi.

Selon leur composition externe, les astéroïdes réfléchissent plus ou moins la lumière qu'ils reçoivent du Soleil ; ce pouvoir réfléchissant est appelé *albédo* (du latin *albus* : blanc).

Astéroïdes-satellites

Certains astéroïdes de masse non négligeable ont des satellites. Lors d'impacts, des fragments sont éjectés mais restent en orbite autour du corps principal. L'observation montre que, très souvent, pour les systèmes binaires, les axes polaires sont alignés.

Ces astéroïdes satellites ont été découverts par hasard en 1978 au cours d'une observation d'occultation d'une étoile par **532 Herculina** (215 km de *diamètre*). En plus de la baisse de luminosité due au passage de l'astéroïde devant l'étoile, les mesures photométriques ont permis d'en remarquer six autres, beaucoup plus faibles, celles des « *cailloux* » orbitant autour de **Herculina**. Le plus gros des six fait 50 km mais les autres seulement quelques kilomètres.

Suite à cette observation, les astronomes ont recherché des mesures effectuées auparavant et ont identifié des chutes de luminosité passées inaperçues et dues à des astéroïdes satellites.

Une cinquantaine d'astéroïdes semblent entourés d'un cortège de « *caillou* » de petite taille.



Composition des astéroïdes

Les plus massifs (200 km ou plus) sont des corps primitifs. Ils se sont formés au cours des premières centaines de millions d'années du Système solaire, il y a plus de 4 milliards d'années. Ils ont connu de multiples collisions avec des corps plus petits

A	1 / 15 janvier	I	1 / 15 mai	R	1 / 15 septembre
B	16 / 31 janvier	K	16 / 31 mai	S	16 / 30 septembre
C	1 / 15 février	L	1 / 15 juin	T	1 / 15 octobre
D	16 / 29 février	M	16 / 30 juin	U	16 / 31 octobre
E	1 / 15 mars	N	1 / 15 juillet	V	1 / 15 novembre
F	16 / 31 mars	O	16 / 31 juillet	W	16 / 30 novembre
G	1 / 15 avril	P	1 / 15 août	X	1 / 15 décembre
H	16 / 30 avril	Q	16 / 31 août	Y	16 / 31 décembre

Tableau n° 2 - Lettre et quinzaine correspondante (de 0 h à minuit)

Par la suite, dès que les éléments orbitaux ont été définis, on attribue un numéro de catalogue à l'astéroïde, puis son découvreur est invité à lui donner un nom : **1977 UB** devint ainsi **2060 Chiron** (2060^e orbite déterminée et non 2060^e objet découvert). Dans la mythologie, Chiron était un centaure, éducateur de Castor et Pollux, Achille, etc.

La plupart des noms d'astéroïdes ont été empruntés à la mythologie ; on note cependant quelques exceptions : **Jules Janssen**, un des pères de la spectroscopie, donna le prénom de son épouse (**Henriette**) à un astéroïde qu'il découvrit.

Les exemples semblables ne manquent pas ; les astronomes ont ainsi immortalisé des amies (parfois « *petites* ») ou célébrités : **Mimi**, **Marylin**, **Évita**, etc.

Suite à l'explosion de la navette spatiale américaine Challenger, le 28 janvier 1986, il fut décidé de donner le nom des sept astronautes présents à bord à des astéroïdes.

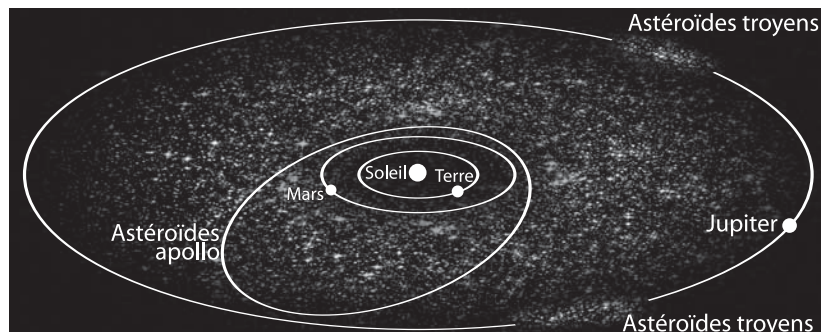
Dans un premier temps, il avait été envisagé de donner leurs noms à sept des nouveaux satellites découverts par la sonde **Voyager 2** lors de son survol de la planète Uranus le 24 janvier 1986 (4 jours plus tôt). Ces noms risquant, bien sûr, d'être souvent cités, les américains, sur proposition de Brian MARSDEN, portèrent leur choix sur sept astéroïdes... beaucoup plus discrets !

Ces sept astronautes se nommaient : Ellison ONIZUKA, Christa MAC AULIFFE, Gregory JARVIS, Judith RESNIK, Michael SMITH, Francis SCOBEE et Ronald MAC NAIR.

Découverts entre le 7 septembre 1980 (*3351 Smith*) et le 6 mars 1984 (*3356 Resnik*), cinq de ces « *cailloux* » circulent dans la *Ceinture principale*, les deux exceptions sont *3352 Mac Auliffe* (EGA) et *3353 Jarvis*.

La ceinture d'astéroïdes

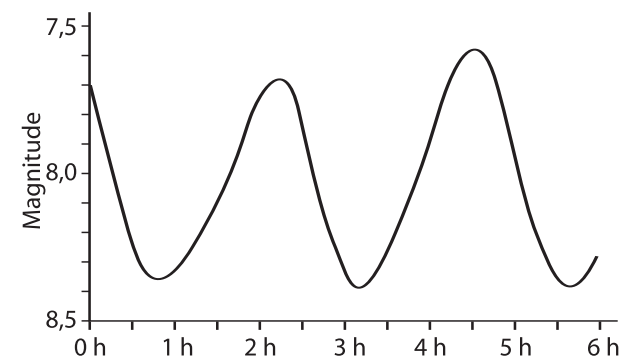
La plupart des astéroïdes se trouvent entre les orbites de Mars et de Jupiter ; sur les dessins représentant le Système solaire, on peut remarquer une grande quantité de petits points gravitant autour du Soleil. Mais, cet espace n'est pas entièrement rempli de « *cailloux* » ; ceux-ci sont situés dans une bande d'une largeur d'environ 220 millions de kilomètres : la *Ceinture principale*, qui s'étend entre 300 et 520 millions de kilomètres du Soleil.



Il existe probablement des dizaines (centaines ?) de milliers d'astéroïdes ; cela dépend à partir de quelle dimension un « *cailloux* » est considéré comme astéroïde. Si un « *grain de sable* » en orbite autour du Soleil est un astéroïde, alors il y en a des milliards !

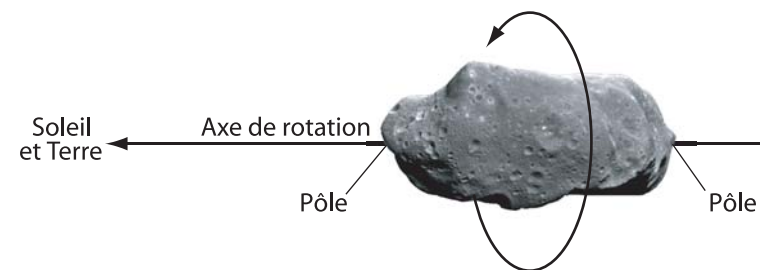
La distance moyenne entre deux « *cailloux* » de plusieurs dizaines de mètres de diamètre est peut-être de 100 000 km. Il ne faut pas croire que les astéroïdes sont au « *coude à coude* » ! Cela explique que lorsqu'on envoie des sondes spatiales aux confins du Système solaire (Pioneer, Voyager), il n'existe pratiquement aucun risque de collision (n'oublions pas que ces « *mini-planètes* » sont de taille réduite).

on peut déduire avec une bonne fiabilité la forme réelle dudit « *caillou* ».



Un facteur important doit être considéré : c'est la direction de l'axe polaire par rapport à la Terre.

Certains astéroïdes ont une courbe qui ne varie pratiquement pas ; ils sont pourtant bien en rotation, mais présentent leur pôle (nord ou sud) à la Terre. Dans ces conditions, il est plus difficile d'en estimer la forme réelle.



La vitesse de rotation est très variable d'un astéroïde à l'autre ; une des plus rapides connues actuellement est celle de *1566 Icare* : 2 h 10 mn (2,17 en décimales). Sur ce « *caillou* », les jours et les nuits se succèdent à une cadence « *infernale* » (Icare effectue 11 rotations pendant que la Terre n'en fait qu'une !).

433 Eros, dont il fut question plus haut, tourne en 5 h 16 mn (5,26). D'autres mettent plusieurs dizaines d'heures, voire même plusieurs jours.

une forme irrégulière, (oblongue). Les appareils de mesure devenant de plus en plus performants, les astronomes estiment que la plupart des astéroïdes sont des ellipsoïdes à trois axes inégaux (*ellipsoïdes de Jacobi*). La plupart du temps, on utilise « *diamètre* » pour simplifier.

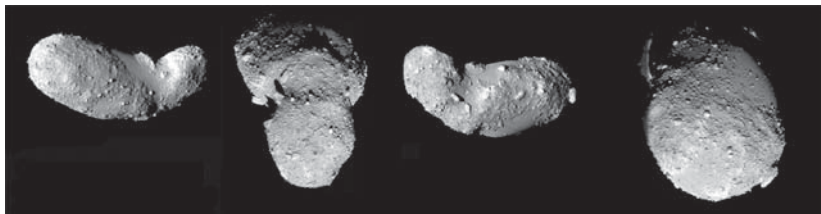
À ce jour, nous connaissons une trentaine de « *cailloux* » sphériques (de 300 km ou plus). Les plus gros sont : Cérès 1020 km, Pallas 540, Vesta 540, Hygiea 410, Davida 320, etc.

Il en existe quelques autres qui sont proches de la sphère. En règle générale, on peut dire que les astéroïdes sont de forme « *patatoïde* » ! Leur surface est constellée de cratères d'impacts.



La rotation des astéroïdes

Comme tous les astres du système solaire, les astéroïdes tournent autour de leur axe polaire. Du fait de leur forme irrégulière, l'étendue de la surface exposée au Soleil varie, ce qui permet, en effectuant des mesures photométriques, de mettre en évidence leur courbe de luminosité (et donc leur forme précise).



La différence est souvent faible et se mesure en dixièmes de magnitude ; cependant, en comparant plusieurs observations,

Donc, d'après la « *loi* » de Titius-Bode, il devrait y avoir une planète entre Mars et Jupiter (à 2,8 UA) ; or ce n'est pas le cas, on ne trouve là que des astéroïdes. Pourquoi ?

Cela est dû à la présence proche de la planète géante Jupiter. D'un diamètre de 143 000 km, sa masse énorme (318 fois la Terre) provoque une perturbation sur son environnement : c'est l'effet de résonance gravitationnelle. Jupiter empêche la matière présente dans cette Ceinture de s'agglomérer pour former une planète... d'où les milliers d'objets qui gravitent dans cette région.

L'hypothèse selon laquelle une planète autrefois présente à cet endroit se serait désintégrée et aurait donné naissance aux astéroïdes ne tient pas. On y a cru pendant quelques décennies mais les récentes simulations sur ordinateur ont tranché : mécaniquement et dynamiquement, ça ne marche pas !

Les « lacunes » de Kirkwood

On pourrait penser que les astéroïdes sont uniformément répartis dans la Ceinture... il n'en est rien !

Cela est dû à un autre type de résonance ayant également Jupiter pour origine ; dite « *orbite-orbite* », cette résonance a été mise en évidence en 1867 par l'astronome Daniel KIRKWOOD.

Avant de parler plus en détail des *lacunes* de KIRKWOOD et afin de permettre au lecteur non averti de mieux comprendre, rappelons une des règles importantes de mécanique céleste, la troisième loi de Kepler.

Cette loi universelle (qui fonctionne aussi bien pour tous les objets du Système solaire que pour des étoiles situées à des millions d'années-lumière) dit que :

Le carré de la période () d'un astre (planète, comète, astéroïde) et le cube de son demi-grand axe (**) en UA, ont même valeur.*

* la période est le temps nécessaire à une planète pour effectuer un tour de Soleil (Terre : 365,25 jours, Mars : 687 jours, etc.).

** le demi-grand axe de l'orbite d'une planète (ou d'un astéroïde) est la distance moyenne de l'objet au Soleil.

Ainsi, plus un objet est éloigné du Soleil, plus sa période est longue. Prenons un exemple connu :

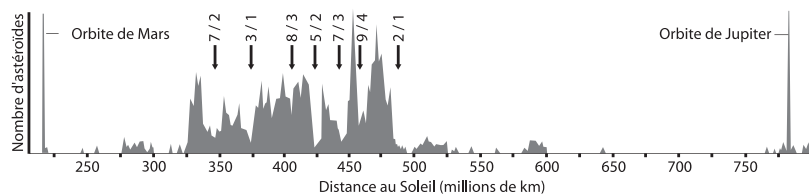
L'observation de la planète Jupiter montre qu'elle met 11 ans et 314,4 jours pour accomplir une révolution (11,86 en décimales... plus précisément 11,867310344827 !...).

Le carré de cette période est donc : $11,86 \times 11,86 = 140,6$.

La troisième loi de Kepler nous dit que cela correspond au cube de la distance Jupiter-Soleil, en UA : $5,2$. ($5,2 \times 5,2 \times 5,2 = 140,6$). L'UA = 149,6 millions de km, la distance moyenne Jupiter-Soleil est donc de $149,6 \times 5,2 = 778$ millions de km... CQFD !

Revenons aux « *lacunes* » de KIRKWOOD. Une précision s'impose. Dans certains ouvrages, il est question des « *vides* » de KIRKWOOD. Ce terme « *vides* » est utilisé à tort ; en effet, mieux vaut dire « *lacunes* » car les zones concernées, bien que peu peuplées, ne sont pas totalement dépourvues d'astéroïdes.

KIRKWOOD démontra que si un astéroïde de la Ceinture principale avait une période dans un rapport simple de celle de Jupiter ($7/2$, $3/1$, $8/3$, $5/2$, $7/3$, $9/4$, $2/1$), il ne pourrait pas rester longtemps sur cette trajectoire et serait inévitablement éjecté sur une orbite, éventuellement proche, mais tout de même différente. On peut comparer ce qui se passe dans les lacunes de KIRKWOOD avec l'anneau de Saturne. La planète y provoque des « *vides* », d'où les divisions sombres bien observables au télescope : *divisions de Cassini, de Encke* (sans H : ce n'est pas le même), etc.



Les rapports cités ci-dessus indiquent les sept lacunes de la Ceinture principale. On ne trouve donc (presque) pas d'astéroïdes à l'intérieur d'une zone qui renfermerait des objets

tionnellement beaucoup de temps à proximité de l'orbite de la Terre.

Le rapprochement récent le plus spectaculaire s'est produit le 10 août 1972 au-dessus des USA. Un « *caillou* » de belle taille a tangenté l'atmosphère terrestre à 58 kilomètres d'altitude. D'une magnitude de -19 , ce qui équivaut à plus de 300 fois la pleine Lune, il se déplaçait à environ 15 km par seconde, soit 54 000 kilomètres par heure !...

Le public non averti s'inquiète à tort des risques de collisions avec les « *pierres du ciel* ».

Contrairement aux accidents de la route en France, les astéroïdes ne provoquent pas la mort de 10 000 personnes par an... alors ne dramatisons pas !



Meteor Crater, en Arizona (USA)

À quoi ressemble un astéroïde ?

Cela dépend de ses dimensions, donc de sa masse. Pour les objets cités plus haut, il était question de diamètre ; en fait, pour qu'un corps soit sphérique il faut que sa gravité soit suffisante. On estime qu'un objet d'un diamètre inférieur à 300 km a

magnitude 8, donc invisible à l'œil nu, il se déplaçait de 5° par heure sur le fond des étoiles.

- Le 17 janvier 1991, un nouvel astéroïde était découvert avec le télescope de 60 cm de Kitt Peak (USA). Il ne se trouvait alors qu'à 170 000 km de la Terre, à mi-distance de la Lune ! D'un diamètre estimé à 9 m, donc d'une masse d'environ 1220 tonnes, en cas de collision, ce « *caillou* » aurait pu former un cratère de plus de 150 m de diamètre. Un impact dans une grande agglomération aurait eu des effets désastreux. À notre échelle (Terre = 91 cm), cet objet se serait approché à... 0,12 mm ! Premier astéroïde découvert au cours de la deuxième quinzaine de janvier 1991, il porte provisoirement le doux nom de **1991 BA**.

Vous avez l'air d'insister... alors soit ! Un dernier *Apollo* : **1947 XC** (vous avez bien sûr deviné qu'il s'agissait du troisième astéroïde découvert pendant la quinzaine du 1er au 15 décembre 1947, bravo !).

Cet objet, **2201 Oljato**, voit son orbite l'amener parfois à environ 150 000 km de la Terre... Tremblez braves gens !

Son périple autour du Soleil le fait également se rapprocher de Vénus et Mars. Une conclusion s'impose : il est évident que ce « *caillou* » n'est pas sur cette orbite depuis très longtemps. Inévitablement, il entrera en collision avec une des trois planètes... à moins que, par effet de fronde, un passage plus serré ne l'éjecte vers des régions plus lointaines du Système solaire ; ce serait la meilleure solution, car avec un diamètre de deux kilomètres et une masse d'environ treize milliards de tonnes, sa collision aura des conséquences fâcheuses... nous risquons d'être aux premiers rangs !

ATEN (de 2062 Aten, découvert en 1976)

Les *Aten* restent souvent relativement proches du Soleil (donc de la Terre). Leur période est inférieure à un an. Pour les terriens, ce sont les plus dangereux. Ils passent en effet propor-

faisant, par exemple, sept révolutions pendant que Jupiter en effectuerait deux (résonance 7/2). Même chose pour les six autres.

En réalité, et c'est ce qui justifie « *lacunes* » plutôt que « *vides* », des astéroïdes de taille modeste peuvent se trouver là pour un temps assez court (astronomiquement parlant !).

Amusons-nous à calculer la distance au Soleil des sept lacunes de KIRKWOOD. C'est très facile. Prenons la résonance 7/2 :

$$2 \text{ périodes de Jupiter} = 11,86 + 11,86 = 23,72 \text{ ans.}$$

Cela correspond donc à sept périodes d'un objet qui se trouverait dans la lacune la plus proche du Soleil.

$$23,72 / 7 = 3,388 \text{ années.}$$

Le carré de cette période est de :

$$3,388 \times 3,388 = 11,48$$

qui représentent le cube de la distance au Soleil en UA, soit :

$$2,256 \text{ UA} (2,256 \times 2,256 \times 2,256 = 11,48)$$

On obtient alors cette distance en kilomètres :

$$149,6 \times 2,256 = 337 \text{ millions de km}$$

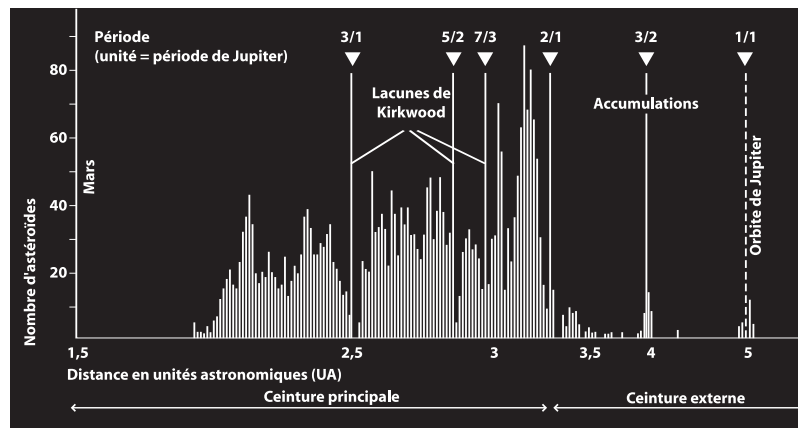
En appliquant ce calcul bien simple aux autres résonances, il est facile de connaître les périodes et les distances au Soleil (en UA et km) des lacunes de KIRKWOOD (ci-dessous, tableau n° 3).

Résonance	Période en années	Carré de la période	Distance au Soleil en UA	Distance au Soleil en millions de km
7 / 2	3,388	11,48	2,25	337
3 / 1	3,953	15,62	2,49	374
8 / 3	4,447	19,77	2,71	404
5 / 2	4,744	22,51	2,82	422
7 / 3	5,082	25,82	2,96	443
9 / 4	5,271	27,78	3,03	453
2 / 1	5,929	35,15	3,28	490

Tableau n° 3 : Périodes et distances des lacunes de Kirkwood au Soleil.

Après les « vides »... les « pleins »

Dans une zone comprise entre 2 et 3,5 UA du Soleil (de 300 à 520 millions de km) on trouve donc de nombreux astéroïdes, en dehors de quelques régions étroites, les lacunes de KIRKWOOD.



À l'extérieur de cette bande, dans un espace compris entre 3,5 et 5 UA (à environ 30 millions de kilomètres de l'orbite de Jupiter), la résonance orbite-orbite provoque des effets inverses. On trouve là de larges bandes vides entrecoupées de zones étroites peuplées d'astéroïdes.

On comprend mal comment une même résonance entraîne des « vides » dans une région et des « pleins » dans une autre ! Pour certains types d'objets on arrive à formuler des hypothèses cohérentes mais, à ce jour, l'explication globale n'est pas encore établie.

Pour les objets gravitant en résonance 3/2 (à 3,97 UA), le « chef de groupe » (l'astéroïde type) est **153 Hilda**. Sa période est de 7,9 ans.

La résonance 4/3 se situe à 4,30 UA (643 millions de km). Le « représentant » de la famille est **279 Thulé**. Période : 8,9 ans.

Selon leur position dans le Système solaire, les planètes, comètes ou astéroïdes se déplacent autour du Soleil à vitesse

Pour se faire une meilleure idée, imaginons que notre Terre ait « rétréci » : son diamètre n'est plus que de 91 cm (au lieu de 12 756 kilomètres). À cette échelle, Éros mesurerait 3 x 1 x 1 mm... et se serait approché à... 1,57 cm !

Cette échelle sera réutilisée plus loin ; nous verrons, en effet, que d'autres astéroïdes s'approchent encore beaucoup plus près de nous.

APOLLO (de 1862 Apollo, découvert en 1932, par K. Reinmuth)

Les objets de ce groupe sont susceptibles d'entrer en collision avec la Terre... encore faut-il que leur orbite coupe celle de notre planète ; souvent (et heureusement !) l'astéroïde gravite dans un plan différent. Il ne représente donc que peu de risques pour la pérennité de l'*Homo sapiens astronomicus* et ses congénères.

La période des *Apollo* est supérieure à un an. Leur course autour du Soleil les conduit, au périhélie, à l'intérieur de l'orbite terrestre et à l'aphélie au-delà de Mars et même parfois de Jupiter ; cela dépend de l'excentricité (de « l'aplatissement ») de leur orbite.

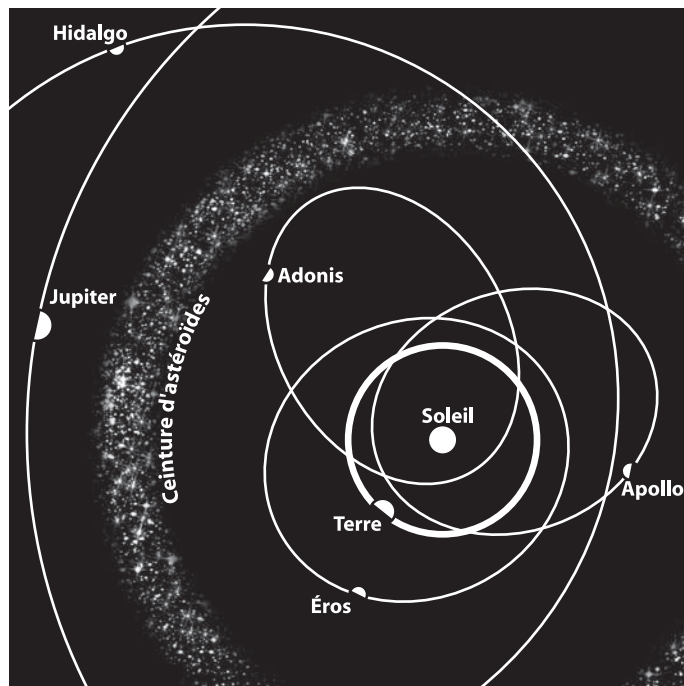
Au cours de ce xx^e siècle, quelques astéroïdes ont frôlé la Terre :

- En 1932, lors de sa découverte, **1862 Apollo** est passé à environ 3 millions de kilomètres (2,2 mm pour notre Terre de 91 cm !).
- En 1936, **2101 Adonis** nous a frôlé à la même distance.
- Le 14 juin 1968, tandis que les derniers pavés volaient gracieusement dans le ciel de notre beau pays, **1566 Icare**, découvert le 26 juin 1949, passait à 6 millions de kilomètres... Il repassera à environ 17 millions de kilomètres en 1996.

Sans tomber dans le « sensationnel », uniquement pour les amateurs de frissons, signalons deux passages très rapprochés :

- Le 30 octobre 1937, **Hermès**, 600 m de diamètre, passait à environ 700 000 km (0,5 mm à notre échelle !). De

Les E.G.A. (Earth Grazers Asteroids)



Ces astéroïdes se divisent en trois familles, regroupées sous le terme *AAA* : *Amor*, *Apollo*, *Aten*, du nom de l'astéroïde type.

AMOR (de 1221 Amor, découvert en 1932)

Ces astéroïdes ne peuvent pas entrer en collision avec la Terre car ils restent toujours à l'extérieur de l'orbite terrestre (quoique leur périhélie en soit parfois assez proche).

433 Éros aurait aussi bien pu être le type de ce groupe (il fallait en choisir un !). De forme allongée (oblongue), il mesure 40 x 15 x 15 km : un gros ballon de rugby !

Éros est passé à 22 millions de km de la Terre le 23 janvier 1975. Cette distance pourra paraître énorme au lecteur non averti mais, à l'échelle du Système solaire, c'est vraiment très peu.

variable : c'est la vitesse orbitale. Cette vitesse diminue en s'éloignant du Soleil. Mercure gravite à environ 48 km par seconde, la Terre à 30, Mars à 24, etc.

Les astéroïdes situés à la limite intérieure de la Ceinture (à environ 300 millions de kilomètres du Soleil) graviteront donc plus vite que ceux des groupes Hilda et Thulé.

Les lois de la mécanique céleste imposent aux « cailloux » du bord intérieur de la Ceinture une vitesse orbitale d'environ 20 kilomètres par seconde.

Les Hilda et Thulé, plus éloignés, vont moins vite : environ 14,5 km par seconde. Différence : 5,5 km/s.

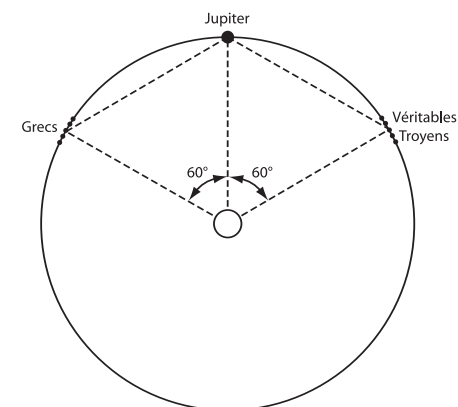
Sans retenir ces extrêmes, on peut considérer, qu'en moyenne, la vitesse orbitale des astéroïdes de la Ceinture principale varie de 4 à 5 km/s.

Les astéroïdes « Troyens »

Les résonances orbite-orbite citées plus haut donnent naissance aux lacunes de KIRKWOOD et aux « pleins »... Peut-on imaginer des astéroïdes ayant une résonance 1/1 avec Jupiter ? Cela voudrait dire qu'ils accomplissent une révolution dans le même temps que la planète géante et donc qu'ils se situent sur la même orbite !

Eh bien... ces astéroïdes existent ! Leur existence fut supposée par le calcul bien avant leur découverte.

Vers la fin de sa vie, le mathématicien français Joseph Louis DE LAGRANGE, (1736-1813) démontra par le calcul qu'en inscrivant deux triangles équilatéraux dans une orbite ayant deux sommets communs, le Soleil et, par exemple, une planète (ici Jupiter), les points situés à 60° de part



et d'autre de la planète seraient des zones dynamiquement stables ; tout corps de masse négligeable (par rapport au Soleil et à la planète) s'y trouverait abandonné. On appela ces régions *points de Lagrange*.

Planètes	Distance au Soleil (UA)	Distance au Soleil (millions de km)	Distance orbitale (millions de km)	Distance des points de Lagrange
Mercure	0,39	58,3	366,58	61,09
Vénus	0,72	107,7	676,77	112,79
Terre	1,00	149,6	939,96	156,66
Mars	1,52	227,4	1428,75	238,12
Jupiter	5,20	777,9	4887,81	814,63
Saturne	9,54	1427,2	8967,26	1494,54
Uranus	19,18	2869,3	18028,52	3004,75
Neptune	30,06	4496,9	28255,33	4709,22
Plutons	39,00	5834,4	36658,61	6109,77

Tableau n° 4 : Distance des points de Lagrange des planètes (en millions de km)

Le 22 février 1906, bien longtemps après la mort de LAGRANGE, le premier *Troyen* était découvert : **588 Achille** ; puis vinrent **624 Hector**, **911 Agamemnon**, etc. situés à 60° en avant de Jupiter.

617 Patrocle and Co : *Priam*, *Énée*, *Anchise*, etc. se trouvent, eux, à 60° en arrière de Jupiter. Ces derniers sont les « vrais » Troyens ; les premiers cités sont les *Grecs* : tous ces noms sont ceux des héros grecs et troyens de l'*Illiade*.

Ces astéroïdes ne sont pas « figés » à un endroit précis, mais oscillent autour de leur *point de Lagrange*. Certains d'entre eux se situent en dehors de l'écliptique (**2146 Stentor**).

Astéroïdes hors-ceinture

À part les Troyens, tous les astéroïdes évoqués plus haut se trouvent dans la Ceinture.

Il en existe ailleurs : leurs orbites les envoient parfois au-delà de Jupiter ou de Saturne (type *Hidalgo*) ou les amènent à proximité de planètes telles Vénus, la Terre ou Mars.

L'inclinaison de l'orbite de certains astéroïdes laisse penser qu'il s'agit de noyaux de comètes ayant perdu leurs gaz et qui continuent à tourner autour du Soleil.

Des astéroïdes identifiés comme tels lors de leur découverte trahissent parfois leur nature cométaire lorsqu'ils s'approchent du Soleil : un dégazage même discret peut alors être décelé de la Terre. Ce fut le cas de **2060 Chiron**.

Ce « caillou » reste le plus souvent entre les orbites de Saturne et d'Uranus. Lors de sa découverte par C. KOWAL, le 22 octobre 1977, Chiron était un objet de magnitude 18 dans la constellation du Bélier (on l'a retrouvé sur des clichés de 1895 !).

KOWAL ne pensa pas avoir affaire à une comète car l'objet était encore très éloigné de son périhélie. Ce n'est que quelques années plus tard qu'une légère activité cométaire sera mise en évidence. L'idée selon laquelle Chiron constitue le premier élément d'une deuxième Ceinture connaîtra un certain succès... pendant quelques années. Nous savons aujourd'hui que ce n'est pas le cas.

3200 Phaéton, d'abord désigné **1983 TB** (découvert en 1983, pendant la dix-neuvième quinzaine (première d'octobre) et deuxième objet nouveau), est typique du noyau de comète dégazé. Il semble être à l'origine des *Géminides*, pluie de météores observable vers le 12 décembre.

944 Hidalgo (découvert en 1920) semble également être un ancien noyau cométaire ; son aphélie avoisine l'orbite de Saturne et son périhélie se trouve à l'extérieur de l'orbite de la Terre : aucun danger de collision par conséquent !

Une multitude d'astéroïdes classiques (d'origine non cométaire) gravite en dehors de la Ceinture. Certains d'entre eux représentent une menace pour notre planète (et ses habitants !). En effet, ces « cailloux » sont parfois amenés à frôler la Terre, d'où leur nom *Earth Grazers Asteroids*, plus couramment appelés *EGA* (*Earth* : Terre, *Grazers* : raseurs ou « frôleurs »).