

L'HISTOIRE DES PETITES PLANÈTES

Michel-Alain Combes

L'histoire des petites planètes se divise en trois grandes périodes bien différentes. La première période, celle des découvertes *visuelles*, a permis de découvrir quelques centaines d'astéroïdes. La seconde période, celle des découvertes *photographiques*, a permis de découvrir quelques milliers de nouveaux objets. Enfin, la troisième période, celle des découvertes *électroniques*, a permis de repérer quelques centaines de milliers d'objets. Plusieurs millions d'astéroïdes circulent dans le Système solaire et les découvertes n'auront jamais de fin.

Mais, en réalité, l'histoire des petites planètes, commence avant les premières découvertes. Elle commence avec l'intuition de Johannes **Kepler** (1571-1630) que la grande lacune entre Mars et Jupiter est anormale et qu'il doit y circuler une planète plus petite, invisible à l'œil nu et donc non encore observée.

La planète manquante

Kepler.

Dans l'introduction au lecteur de son *Mysterium Cosmographicum*, paru en 1596, **Kepler** raconte par quels détours il est passé avant de percer enfin les secrets de l'Univers qu'il expose dans son livre. En 1595, il était âgé de 24 ans seulement. Premier exemple d'une nouvelle race de scientifiques qui allaient faire table rase des idées préconçues et des tabous de toute sorte, il était déjà à la recherche d'une loi simple présidant à la distribution des six planètes alors connues. Dans l'impossibilité d'expliquer leurs vitesses et leurs distances au Soleil, **Kepler** opta alors, comme il le dit lui-même, pour « une solution étonnamment hardie » :

« Inter Martem et Jovem interposui planetam »
(entre Mars et Jupiter j'ai placé une planète).

Il n'hésita pas à prévoir l'existence d'une nouvelle planète pour combler une lacune qui n'avait pas échappé à sa perspicacité et qui le gênait dans ses calculs. Il intercala également une autre planète entre Mercure et Vénus. Ces deux astres étaient supposés trop faibles pour être vus à l'œil nu à une époque où la lunette astronomique n'existait pas encore.

Malheureusement, il renonça à cette idée quand il eut trouvé "sa" solution du mystère cosmique : les cinq solides parfaits (ou solides pythagoriciens) dont toutes les faces sont identiques et qui s'insèrent entre les six orbites planétaires. Il n'avait plus besoin, dès lors, de deux planètes supplémentaires pour résoudre la distribution des planètes dans le Système solaire.

Si **Kepler** avait persisté dans son intuition première, confirmée par sa troisième loi trouvée en 1618, gageons qu'il n'eût pas fallu attendre 1801 pour découvrir un astre entre Mars et Jupiter. Il est fort étonnant d'ailleurs qu'il ne soit pas revenu sur son idée de lacune et de planète manquante après 1618, alors que les astronomes disposaient enfin de la lunette et que l'existence d'astres plus faibles que la sixième grandeur était devenue évidente. Surtout qu'il savait fort bien que sa solution du mystère cosmique, qu'il avait tout d'abord considérée comme géniale, était un peu tarabiscotée.

Il convient cependant de saluer le génial astronome allemand qui osa prédire l'existence d'une planète nouvelle à une période où le système héliocentrique de Nicolas **Copernic** (1473-1543) était loin d'être entré dans les mœurs et accepté par l'église de l'époque qui comprenait bien que l'héliocentrisme était un vrai danger pour elle. Giordano **Bruno** (1548-1600) en sut quelque chose, lui qui fut brûlé cinq ans plus tard, en 1600, pour avoir prétendu que l'immuabilité des cieux était un mythe et que la Terre, loin d'être le centre du monde, tournait en fait autour du Soleil.

La loi de Titius-Bode.

Il fallut attendre un siècle et demi pour que l'on reparle de cette planète manquante. Deux mathématiciens et astronomes allemands, Christian **Wolff** (1679-1754), en 1741, et Johann **Lambert** (1728-1777), en 1761, appelèrent de nouveau l'attention sur la lacune anormale du Système solaire notée par **Kepler**. Mais c'est Johann **Tietz** dit **Titius** (1729-1796), un autre Allemand, qui en 1772 indiqua, grâce à sa série aujourd'hui universellement connue, qu'il devait exister une planète à la distance 2,8. D'abord ignorée, cette loi empirique de **Titius** fut reprise par Johann **Bode** (1747-1826), en 1778, qui la publia dans un de ses livres.

Rappelons que cette série s'écrit sous sa forme moderne : $r = 0,4 + (0,3 \times 2^n)$ et donne les distances moyennes au Soleil suivantes (en unités astronomiques) : 0,4 – 0,7 – 1,0 – 1,6 – 2,8 – 5,2 – 10,0 – 19,6 – 38,8 ...

La découverte fortuite d'Uranus en 1781 par William **Herschel** (1738-1822), circulant à la distance moyenne 19,2, très proche de la valeur prévue, renforça encore la conviction des astronomes de l'époque sur la probabilité d'existence de l'astre manquant. Et surtout cette découverte mettait fin à la légende millénaire des six planètes qui avait eu force de loi jusque-là. Puisqu'il en existait au moins sept, il pouvait fort bien y en avoir huit en même davantage.

Premières recherches.

Le baron hongrois Franz **von Zach** (1754-1832), qui était par amour de la science et son activité à la tête du mouvement astronomique en Europe, calcula en 1784 l'orbite probable de la planète. Celle-ci devait circuler à la distance

moyenne de 2,82 unités astronomiques, avec une période de révolution de 4 ans et 9 mois. Cette planète hypothétique devint la *planète 28* pour les astronomes de l'époque de plus en plus nombreux à envisager son existence réelle.

von Zach se mit à la recherche de l'astre fantôme en portant ses investigations dans une zone étroite de part et d'autre de l'écliptique. Mais il se rendit vite compte qu'une entreprise de cette envergure dépassait de beaucoup les capacités d'un seul homme. Dès le début des années 1790, il envisagea la possibilité d'une collaboration internationale, avec la participation de plusieurs astronomes ayant chacun une zone du ciel à inspecter et, si possible, à en dresser une carte détaillée. Mais l'époque très perturbée en Europe en cette fin de XVIII^e siècle n'était pas très propice pour ce genre de collaboration.

La police céleste.

C'est en 1796 qu'eut lieu la première réunion spécialisée à l'observatoire de Gotha. Jérôme **Lalande** (1732-1807) suggéra une recherche coordonnée pour trouver la planète, chaque astronome volontaire devant se concentrer dans une zone bien précise et observer si un astre non répertorié sur les cartes existantes y était de passage. La division du ciel en 24 fuseaux de 15 degrés chacun parut la meilleure, encore fallait-il trouver le nombre d'astronomes suffisant pour avoir une chance sérieuse de réussite.

Mais c'est seulement en septembre 1800, à l'occasion d'une autre réunion à l'observatoire de Lilienthal, à l'instigation de Johann **Schröter** (1745-1816), que l'entreprise prit une forme concrète. La *police céleste* fut créée. Six astronomes participaient à cette réunion. Outre **Schröter**, étaient présents **von Zach**, Karl **Harding** (1765-1834), Heinrich **Olbers** (1758-1840), Freiherr **von Ende** (1760-1817) et Johann **Gildemeister** (1753-1837). Il restait à trouver 18 autres collègues, allemands et étrangers, prêts à accepter de participer et de devenir membres de la *police céleste*. Parmi les astronomes pressentis, mais non encore informé, figurait celui qui allait régler le problème de cette *planète 28* qui allait prendre provisoirement le statut de huitième planète.

Les quatre premiers astéroïdes

La découverte de Cérès.

Le premier jour du XIX^e siècle, le 1^{er} janvier 1801 au soir, à l'observatoire de Palerme, l'astronome sicilien Giuseppe **Piazzi** (1746-1826) travaillait sur son catalogue de 7000 étoiles entrepris en 1792. Il notait soigneusement les positions de petites étoiles de la constellation du Taureau, quand l'une d'elles, de huitième grandeur, attira son attention. Elle ne figurait pas sur la carte de l'astronome anglais Francis **Wollaston** (1731-1815) dont il se servait comme comparaison. Le lendemain, le 2 janvier, **Piazzi** constata que les coordonnées de cet astre suspect

avaient varié : il avait rétrogradé de 4 minutes d'arc. Les observations des nuits suivantes confirmèrent le mouvement de l'objet, rétrograde jusqu'au 11 janvier, puis stationnaire, puis direct.

Piazzi, comme **Herschel** en 1781 pour Uranus, pensa avoir affaire à une comète d'aspect stellaire. Il annonça sa découverte, mais sans publier tout de suite ses observations car il tenait à calculer l'orbite lui-même. Malheureusement, il tomba malade et sa "comète" fut perdue dès le 11 février. Les observations s'étendaient donc seulement sur une période de 41 jours, pendant laquelle l'astre avait tourné de trois degrés en ascension droite.

Bode, enfin en possession vers la fin mars des positions obtenues à Palerme, fut immédiatement convaincu qu'il s'agissait de la *planète manquante*, prévue par **Kepler** et connue sous le nom de *planète 28* d'après la loi de Titius-Bode, recherchée par la *police du ciel* instituée en septembre 1800 à l'instigation de **Schröter** et **von Zach**. Mais, pour en être certain, il fallait absolument la retrouver quand elle se serait suffisamment éloignée des rayons du Soleil dans lesquels elle avait disparu depuis la fin février.

Le calcul de l'orbite et la réobservation. Plusieurs astronomes essayèrent de représenter les observations, soit par un cercle, soit par une parabole, mais sans succès. Johann **Burckhardt** (1773-1825), à Paris, début juin, après avoir sélectionné cinq positions parmi celles notées par **Piazzi**, conclut à une ellipse de demi-grand axe égal à 2,7 UA. Le découvreur donna alors à la nouvelle planète le nom de Ceres Ferdinandea, pour la déesse de la Sicile et le souverain de l'époque, mais seul le nom de la déesse fut accepté par la communauté astronomique.

Cependant, au fil des mois, l'espoir de retrouver la planète diminuait, compte tenu de l'imprécision des éléments calculés. Comme l'on sait, le sauveur fut Carl **Gauss** (1777-1855), jeune mathématicien de 24 ans à l'époque. Apprenant en septembre seulement l'embarras des astronomes, il se pencha sur le problème et le résolut avec une rapidité et une facilité qui sidéra tous les astronomes et mathématiciens de l'époque. Il créa pour la circonstance sa fameuse méthode, dite des "moindres carrés", qui permet à un calculateur de trouver les distances, d'où résultent ensuite les éléments orbitaux. Ceux que **Gauss** annonça à la mi-novembre 1801 ($a = 2,77$ UA ; $e = 0,08$ et $i = 11^\circ$) étaient tout à fait caractéristiques d'une planète. Il ne restait plus qu'à la retrouver.

Aussitôt, **von Zach** calcula une éphéméride, d'après les éléments obtenus par **Gauss**, allant jusqu'à la fin décembre. Plusieurs observateurs se mirent à chercher Cérès, mais c'est **von Zach** lui-même qui eut l'honneur de la réobserver le premier, dès le 7 décembre 1801, à l'observatoire de Gotha, à exactement 18h48'10'', temps moyen. Cependant, il observa quatre petites étoiles tout près de la position prédite (178°33'31'' en ascension droite et 11°41'1/2 en déclinaison d'après **Lalande**) et il ne put immédiatement décider laquelle d'entre

elles était la planète recherchée. Il ne put réobserver que le 18 décembre entre les nuages et s'aperçut qu'une des quatre étoiles manquait. C'était bel et bien Cérès, mais cette redécouverte historique ne put être confirmée que le 31 décembre. Indépendamment, **Olbers** réobserva Cérès le 1^{er} janvier 1802 à son observatoire de Brême.

Gauss calcula de nouveaux éléments orbitaux améliorés en utilisant les nouvelles observations et **Burckhardt** s'occupa des perturbations dès février 1802. Les éléments de Cérès se révélèrent être les suivants, époque de 1802 : distance moyenne : 2,76572 UA, excentricité : 0,07857 ; inclinaison : $10^{\circ}37'5''$; révolution sidérale : 1680,00 jours ; révolution synodique : 456,85 jours.

La confirmation que Cérès était bien la *planète 28* recherchée fut un grand événement dans le monde astronomique. La lacune repérée deux siècles plus tôt par **Kepler** était définitivement comblée.

Pallas. C'est du moins ce que pensaient les astronomes dans ces premiers mois de 1802. Aussi ce fut avec stupeur et incrédulité qu'ils apprirent que le 28 mars, **Olbers**, en préparant des cartes en vue de l'observation ultérieure de Cérès, avait trouvé un objet mobile de 7^{ème} grandeur d'aspect nettement stellaire dans la constellation de la Vierge. Le plus frappant était son mouvement apparent très oblique par rapport à l'écliptique, signe d'une forte inclinaison.

Bode et de nombreux autres astronomes pensèrent qu'il s'agissait d'une comète d'aspect ponctuel et non d'une nouvelle planète. Mais **Gauss** les dissuada rapidement et annonça une nouvelle venue dans le petit monde planétaire ayant les éléments suivants : $a = 2,77$ UA ; $e = 0,23$ et $i = 35^{\circ}$. **Olbers** lui donna le nom de Pallas.

Il faut rappeler ici que **Gauss** ne publia pas immédiatement sa méthode qui lui avait permis de prouver la nature planétaire de Cérès, puis de Pallas, et cela malgré les pressantes sollicitations du monde savant. En 1802, il était donc le seul à pouvoir calculer rapidement l'orbite de Pallas. Ce n'est qu'en 1809 qu'il donna enfin le détail de sa méthode dans sa *Theoria Motus Corporum Coelestium*.

Junon. L'astronome allemand **Harding**, qui observait à Lilienthal, a travaillé, comme **Piazzi**, de nombreuses années à un catalogue d'étoiles. On lui doit un important atlas contenant 120 000 étoiles, paru en 1822, sous le titre *Atlas novus coelestis*. C'est en comparant le ciel et l'une de ses cartes de référence qu'il trouva, par hasard, le 1^{er} septembre 1804, un astre mobile de 8^{ème} grandeur dans la constellation des Poissons.

Gauss, à qui l'on communiqua bientôt les premières observations effectua les calculs si rapidement que dans de nombreux observatoires les éléments orbitaux ($a = 2,67$ UA ; $e = 0,26$ et $i = 13^{\circ}$) parvinrent simultanément avec l'annonce de la découverte. **Harding** baptisa sa planète Junon.

L'hypothèse d'Olbers. Cette troisième découverte poussa **Olbers** à publier sa célèbre hypothèse en 1805, mais il est probable qu'elle lui vint à l'esprit dès 1802, après la découverte de Pallas. Il annonça que ces astres n'étaient en fait que les fragments d'une planète beaucoup plus considérable, détruite à la suite d'une catastrophe dont on pouvait fixer la position. La mécanique céleste enseigne en effet qu'en pareil cas les débris, qu'elles que soient leurs excentricités et leurs inclinaisons, doivent repasser à chaque révolution par le lieu de la catastrophe, aux perturbations près. Il paraissait assez logique d'envisager la rencontre de deux anciennes planètes de taille différente circulant dans la même zone et qui se seraient morcelées après la collision.

Olbers calcula les lieux d'intersection des orbites de Cérès et Pallas et indiqua qu'en cherchant au voisinage de δ Vierge et dans la portion ouest de la Baleine les astronomes avaient de bonnes chances de trouver d'autres débris de la planète originelle. Cette hypothèse fut accueillie très favorablement et Joseph **Lagrange** (1736-1813), dont l'autorité était grande à l'époque, s'en montra partisan.

Vesta. Plusieurs astronomes dans toute l'Europe se mirent en quête de nouveaux fragments de cette planète brisée. **Olbers** lui-même entreprit une exploration minutieuse de la constellation de la Vierge, où la découverte de Pallas était un stimulant. C'est dans cette région du ciel qu'il découvrit Vesta le 29 mars 1807 comme une étoile de 6^{ème} grandeur.

Gauss, toujours lui, reconnut que cette petite planète faisait partie du même groupe que les trois premières, mais avec un demi-grand axe nettement plus faible : 2,36 UA seulement. Ce qui jeta immédiatement la suspicion sur l'hypothèse d'**Olbers**. C'est **Gauss** qui nomma la planète Vesta avec l'assentiment du découvreur.

Trente-huit années sans découvertes. Pendant une dizaine d'années, quelques astronomes, parmi lesquels **Olbers** et **Harding**, poursuivirent les recherches mais sans succès. Trois raisons principales expliquent ces échecs : la localisation des recherches dans la Vierge et la Baleine par la plupart des observateurs, le manque de bonnes cartes et surtout le fait que l'examen ne portait que très rarement sur des astres plus faibles que la 8^{ème} grandeur.

L'opinion générale à partir de 1815 fut donc que quatre planètes circulaient entre Mars et Jupiter, des *astéroïdes*, comme les avait appelés **Herschel** dès 1802. Certains astronomes firent remarquer toutefois que quatre fragments pour une planète brisée c'était un peu maigre, mais, comme personne ne trouva plus rien, ils se firent une raison.

Des astéroïdes par centaines

Un cinquième astéroïde. Dans les années 1830, plusieurs institutions et quelques astronomes isolés travaillaient à la confection de cartes célestes de plus en plus précises, et contenant des étoiles plus faibles que celles retenues jusqu'alors. Ce genre de travail était devenu indispensable et, en particulier, l'Académie de Berlin avait chargé Johann **Encke** (1791-1865), directeur de l'observatoire de cette ville, de diriger l'édition des *Berliner Akademie Sternkarten*.

C'est un de ces astronomes isolés, Karl **Hencke** (1793-1866), amateur observant à Driesen en Prusse, qui allait causer la grosse surprise le 8 décembre 1845. Contre toute attente, il découvrait un cinquième astéroïde, de 10^{ème} grandeur, c'est-à-dire nettement plus faible que les quatre premiers, au cours d'une séance où il observait Vesta. **Encke** l'appela Astrée.

Dès lors, il devint évident que d'autres astres du même type existaient, et que le vaste espace compris entre Mars et Jupiter n'était pas seulement occupé par une demi-douzaine de petits objets. Si l'hypothèse d'**Olbers** était la bonne, il était logique que l'on découvre une bonne centaine de fragments, peut-être même davantage. Du coup, de nombreux observateurs se remirent à chercher, comparant inlassablement les cartes et le ciel. Ce fut **Hencke** qui récidiva le premier en 1847 avec la découverte de Hébé.

Les chasseurs d'astéroïdes. Cette année 1847 allait également permettre à l'astronome anglais John **Hind** (1823-1895) de trouver à Londres deux autres objets : Iris et Flora. **Hind** récidivait les années suivantes, tant et si bien qu'il eut dix découvertes à son palmarès entre 1847 et 1854. D'autres astronomes, professionnels et amateurs, l'imitaient bientôt, d'abord en Europe, puis aux Etats-Unis, démontrant à la fois une ténacité sans faille et une parfaite connaissance du ciel. C'est une vraie compétition qui s'engageait

Rappelons les noms un peu oubliés de ces pionniers : Annibale **de Gasparis** (1819-1892), de Naples (9 découvertes de 1849 à 1865) ; Robert **Luther** (1822-1900), de Düsseldorf (24 découvertes de 1852 à 1890, soit en 38 ans) ; Hermann **Goldschmidt** (1802-1866), de Paris (14 découvertes de 1852 à 1861), qui observait de sa fenêtre avec une petite lunette. On pourrait encore en citer d'autres, comme James **Ferguson** (1797-1867) qui en 1854 découvrit le premier astéroïde américain : 31 Euphrosyne, Jean **Chacornac** (1823-1873) et Norman **Pogson** (1829-1891). Tous ces observateurs, redoublant d'ardeur devant leurs succès, allaient faire grimper le nombre de planètes connues à une vitesse de plus en plus rapide. Fin 1850, on en connaissait 13 ; fin 1855 : 37 ; fin 1860 : 62 (voir le tableau détaillé sur mon site).

Il se posa rapidement le problème de la numérotation et celui des noms. **Encke**, en 1851, proposa de désigner les astéroïdes par un numéro enfermé dans un cercle,

mais il ne commençait sa série qu'avec Astrée. Il y avait là une anomalie que Benjamin **Gould** (1824-1896) appela immédiatement (en 1852) à l'attention. Depuis lors, l'ordre numérique est suivi à partir de Cérès, ce qui est beaucoup plus logique.

Pour les noms, qui ont donné lieu à de nombreuses polémiques dans les années 1850, c'est le nom international (latin le plus souvent) qui fut choisi de préférence aux variantes nationales (notamment française). C'est pourquoi il est nettement préférable aujourd'hui de désigner les astéroïdes par leur nom international précédé de leur numéro d'enregistrement, ce que nous faisons dans la suite de cet article : 1 Ceres, 2 Pallas, 3 Juno, 4 Vesta, 5 Astraea, 6 Hebe, 7 Iris et 8 Flora.

Dans la décennie 1861-1870, de nouveaux astronomes prenaient la relève, parmi lesquels il faut citer l'Américain Christian **Peters** (1813-1890), de Clinton (48 découvertes de 1861 à 1889) ; un autre Américain, James **Watson** (1838-1880), de Ann-Arbor (22 découvertes de 1863 à 1877), qui légua une partie de sa fortune pour que l'on continue à observer ses "22 clients" ; Alphonse **Borrelly** (1842-1926), de Marseille (18 découvertes de 1868 à 1894). Fin 1865, 85 astéroïdes étaient catalogués ; le 100^{ème} était découvert en 1868 ; fin 1870, on avait atteint le nombre de 112, soit 50 astéroïdes découverts en dix ans.

Dans la décennie 1871-1880, le rythme ne faiblissait pas, au contraire. On passait à 157 fin 1875, on atteignait le 200^{ème} en 1879 et 219 fin 1880. En plus des astronomes connus, on peut citer de nouveaux *chasseurs d'astéroïdes*, comme on les appelait un peu péjorativement : les frères Paul **Henry** (1848-1905) et Prosper **Henry** (1849-1903) qui travaillaient à l'observatoire de Paris (14 découvertes à eux deux de 1872 à 1882) ; et surtout Johann **Palisa** (1848-1925) auteur de 122 découvertes de 1874 à 1923, l'astronome autrichien qui découvrit des astéroïdes pendant un demi-siècle, d'abord à Pola en Croatie, puis à Vienne en Autriche. Ce formidable observateur a découvert des objets de 14^{ème} grandeur dans certains cas et est connu pour avoir observé visuellement plus de 900 objets différents.

Dans la décennie 1881-1890, on notait un essoufflement assez net, et déjà certains optimistes pensaient que l'on finirait par venir à bout de tous ces petits astres. Plusieurs astronomes donnaient comme total probable le nombre de quelques centaines. En effet, cette période n'apportait que 83 nouveaux, alors que la précédente avait été nettement plus prolifique : 107 objets.

Ainsi on passait à 253 fin 1885 et 302 fin 1890. Un seul nom nouveau à signaler, celui de Auguste **Charlois** (1864-1910), de Nice (99 découvertes de 1887 à 1904), qui allait surtout s'illustrer par la suite grâce à la photographie, mais qui fit ses classes avec une trentaine de découvertes visuelles. Cette décennie des années 1880 marquait la fin de première période des découvertes, celle des découvertes visuelles. Elle avait concerné des observateurs valeureux, professionnels et amateurs, qui connaissaient parfaitement le ciel.

Une révolution : l'apparition de la photographie

La chance de Max Wolf. C'est d'une révolution qu'il s'agit avec la découverte de 323 Brucia, le 20 décembre 1891 à Heidelberg. Max **Wolf** (1863-1932), déjà connu par la découverte d'une comète périodique en 1884, inaugurerait accidentellement la méthode photographique.

Pour ses clichés, il utilisait un objectif à portraits, de court foyer mais à grand champ, et ce jour-là, un petit trait zébrait l'un de ses clichés célestes : un astéroïde qui s'était déplacé durant la pose. Alors que découvrir un tel astre était un exploit avec la méthode visuelle, cela devenait quasiment un jeu puisque **Wolf** lui-même fut le premier surpris de sa réussite : il avait découvert une planète sans la chercher.

Un doublement des découvertes. Cette découverte eut un gros retentissement, rendant caduque du jour au lendemain l'ancienne méthode visuelle. Une nouvelle ère commençait : celle du balayage systématique de la zone de l'écliptique avec des objectifs à grand champ. **Wolf** lui-même se lança dans l'aventure avec un succès immédiat (le 25 septembre 1892, par exemple, il trouva quatre nouveaux astéroïdes en une seule nuit), et qui devait durer quarante ans pendant lesquels il découvrit les petites planètes par centaines (248 sont cataloguées à son nom). A Nice, **Charlois** utilisa également la nouvelle technique avec un succès aussi éclatant : 12 découvertes en 1892, 24 en 1893.

Les découvertes étaient si nombreuses qu'il fallut, pour éviter des identifications en double et pour ne pas cataloguer des objets insuffisamment observés (ce qui se produisit quand même parfois, comme avec 330 Adalberta, numéroté sans confirmation de son existence réelle), introduire un système de désignations provisoires dès juillet 1892. Le premier objet à recevoir une telle désignation fut 1892 A découvert le 22 août 1892 par **Wolf** et qui reçut ultérieurement le numéro définitif 333 et le nom de Badenia.

La décennie 1891-1900 vit donc une augmentation substantielle du nombre des découvertes. De 302 on passa à 409 fin 1895 et à 463 fin 1900, soit 161 astéroïdes nouveaux numérotés en dix ans. La nouvelle méthode avait permis dans un premier temps de doubler le nombre de découvertes, avec surtout un nombre d'heures d'observation bien moindre. Des astres de 14^{ème} et 15^{ème} magnitude purent être catalogués. Mais tous circulaient, comme prévu, dans la ceinture des astéroïdes, entre Mars et Jupiter.

Découverte d'Eros. Le 13 août 1898, Gustav **Witt** (1866-1946), à Berlin, et **Charlois**, à Nice, inauguraient les découvertes d'astéroïdes exceptionnels en obtenant des clichés d'un objet étonnant : 433 Eros (1898 DQ). Les calculs montrèrent qu'il circulait en moyenne à l'intérieur de l'orbite de Mars ($a = 1,458$

UA, contre 1,524 UA pour la planète rouge), et surtout qu'il pouvait s'approcher à 0,15 UA de la Terre (22 millions de km), ce qu'il avait fait en janvier 1894, quatre ans auparavant. Cette découverte totalement inattendue prouvait que certains astéroïdes n'étaient pas confinés dans la ceinture connue depuis près d'un siècle et que s'il y en avait un, il devait y en avoir obligatoirement plusieurs. Les décennies suivantes allaient évidemment confirmer cette probabilité.

Un observatoire vedette : Heidelberg. Les années 1901-1910 allaient permettre une recrudescence très importante du nombre d'astéroïdes découverts et, dans une moindre mesure, de ceux qui furent numérotés. Il faut bien préciser, en effet, que depuis le début des découvertes photographiques, il s'agit de deux choses différentes. Certains objets bien observés à l'occasion de deux oppositions purent recevoir rapidement un numéro, alors que d'autres, suivis seulement quelques jours, passèrent des années, voire des dizaines d'années pour certains, sur la liste sans cesse augmentée des objets perdus.

Durant cette décennie, pas moins de 244 objets, soit deux par mois en moyenne, furent numérotés, un tiers de plus que durant la décennie précédente. La photographie apportait en définitive un triplement des découvertes par rapport à l'ancienne méthode visuelle.

Un observatoire allait faire merveille, celui de Heidelberg en Allemagne. Sous l'impulsion de **Wolf**, qui en 1906 modernisa le stéréocomparateur (qui permet de comparer par vision stéréoscopique deux clichés d'une même zone pris à des dates très différentes), plusieurs de ses assistants se mettaient en évidence : Luigi **Carnera** (1875-1962), Raymond **Dugan** (1878-1940), Paul **Götz**, August **Kopff** (1882-1960), auteur de 67 découvertes entre 1904 à 1909, Karl **Lohnert** (1885-1944), Wilhelm **Lorenz** (1886-1918) et J. **Helffrich** (1888-1971), ne laissant aux autres que des miettes. Alors que **Charlois** abandonnait, seuls Joel **Metcalf** (1866-1925) aux Etats-Unis (41 découvertes de 1905 à 1914) et **Palisa** à Vienne étaient en mesure de faire parler d'eux. Il est quand même incroyable de constater que sur les 244 astéroïdes numérotés durant cette période, 202 furent découverts à Heidelberg. Sans compter tous ceux qui furent repérés, comme nous l'avons dit, mais qui ne furent catalogués que plus tard. Quoi qu'il en soit, on comptait 707 astéroïdes dûment catalogués à la fin de 1910.

Une nouvelle surprise : les astéroïdes troyens. Le 22 février 1906, **Wolf** découvrait un objet qui étonna les astronomes par la lenteur insolite de son mouvement. Les calculs confirmèrent le caractère exceptionnel du nouveau venu, baptisé 588 Achilles. Il circulait à la distance moyenne de 5,2 UA, comme Jupiter, et précédait la planète géante sur son orbite d'environ 60° (point L4).

Les astronomes se rappelèrent le travail théorique de **Lagrange** : *Essai sur le problème des trois corps*, publié en 1772, 134 ans plus tôt. Il avait mentionné

qu'un corps occupant le sommet d'un triangle équilatéral dont les deux autres sommets seraient le Soleil et Jupiter (ou une autre planète) devait avoir une orbite stable. Comme il existe deux triangles de base Soleil-Jupiter, les astronomes de Heidelberg songèrent immédiatement à inspecter la région du second point de libration, celui suivant Jupiter de 60° (point L5). Le succès ne se fit pas attendre longtemps : dès le 17 octobre 1906, **Kopff** y trouvait un astéroïde que l'on baptisa 617 Patroclus. Par la suite, tous les objets de ce type se virent attribuer des noms de héros de la guerre de Troie, d'où la dénomination globale d'astéroïdes troyens. Plus milliers sont connus un siècle plus tard.

La décennie 1911-1920. Cette période ne montra pas de ralentissement quant au nombre de découvertes, en dépit de la sombre période de la guerre. On passa de 707 à 939 astéroïdes numérotés, soit 232 nouveaux. En plus des astronomes de Heidelberg, qui continuèrent à faire bonne mesure, surtout **Wolf**, Franz **Kaiser** (1891-1962), Adam **Massinger** (1888-1914) et Karl **Reinmuth** (1892-1979) qui débuta en 1914, il faut citer ceux de l'observatoire de Siméïs en Crimée : Grigoriev **Neujmin** (1885-1946) et Sergueï **Belyavskij** (1883-1953).

Enfin, cette décennie permit la découverte de trois astéroïdes particulièrement intéressants. D'une part, 719 Albert et 887 Alinda qui peuvent s'approcher de la Terre à moins de 0,20 UA ; d'autre part, 944 Hidalgo, découvert en octobre 1920, objet plein de mystère et aux éléments orbitaux hors du commun ($a = 5,82$ UA ; $e = 0,66$; $q = 2,00$ UA ; $Q = 9,64$ UA ; $i = 42^\circ$). Était-ce un astéroïde ou une comète ponctuelle ? Pour la majorité des spécialistes, Hidalgo était simplement une comète éteinte devenue astéroïde, hypothèse confirmée de nos jours.

Une période riche : l'entre-deux-guerres

Une réorganisation de la recherche. Après la guerre de 1914-1918, la recherche en général, et l'astronomie en particulier, bénéficièrent d'un développement sans précédent. Les observatoires se multiplièrent dans le monde entier, notamment dans l'hémisphère austral bien dépourvu jusqu'alors. Des instruments nouveaux furent mis en place, parmi lesquels des astrographes doubles bien utiles aux spécialistes des petites planètes. Enfin, les astronomes professionnels devinrent plus nombreux, ce qui permit d'augmenter les programmes de recherche.

Le petit monde des astéroïdes bénéficia de ce regain d'activité astronomique. On doit noter une décentralisation marquée des découvertes. On en trouva un peu partout, souvent sans les chercher (sur des photographies à longue pose de galaxies, par exemple). Heidelberg resta jusqu'en 1940 l'observatoire vedette avec surtout **Reinmuth** qui épaula **Wolf** d'une manière spectaculaire avant de lui succéder (395 astéroïdes découverts entre 1914 et 1957 sont catalogués à son nom et il figura très longtemps en tête du palmarès des découvreurs).

Mais il faut citer aussi les observatoires plus ou moins spécialisés d'Alger avec Benjamin **Jekhovsky** (1881-1975), de Johannesburg avec Harry **Wood** (1881-1946), de Tokyo avec Okuro **Oikawa** (1896-1980), de Williams Bay avec George **Van Biesbroeck** (1880-1974), de Siméïs avec **Neujmin**, **Belyavsky** et Vladimir **Albitskij** (1891-1952), d'Uccle avec Eugène **Delporte** (1882-1955) et de Turin avec Luigi **Volta**.

A noter ici une nouveauté importante, pour la première fois en 1928, la découverte d'un astéroïde (1112 Polonia) fut officiellement attribuée à une femme, la russe Pelagia **Shajn** (1894-1956), et encore sans doute parce qu'elle était l'épouse d'un chercheur connu, Grigoriev **Shajn** (1892-1956). Il faut rappeler que jusque-là la recherche était très machiste et que plusieurs femmes ont été spoliées d'une manière assez malhonnête par des supérieurs hiérarchiques indécents qui se sont attribués les découvertes de leurs subordonnées, souvent de jeunes assistantes considérées comme quantités négligeables. A partir de ce changement d'attitude, plusieurs astronomes femmes furent créditées de leurs découvertes, ce qui était quand même la moindre des choses !

Entre 1921 et 1930, on passa de 939 à 1158 astéroïdes numérotés, soit 219 nouveaux, mais plusieurs centaines d'autres furent repérés. Insuffisamment observés et donc rapidement perdus, ils furent numérotés plus tard après leur redécouverte qui, dans certains cas, a demandé plusieurs dizaines d'années.

Nomenclature des astéroïdes. En 1925, l'astronome américain Ernest **Bower** proposa un nouveau système (encore en vigueur aujourd'hui) pour les désignations provisoires, remplaçant les trois systèmes en vigueur à l'époque. Il associe l'année de la découverte et deux lettres, plus éventuellement un indice (par exemple 1995 CD₁₃). La première lettre correspond à l'une des 24 quinzaines de l'année (le I et le Z ne sont pas utilisés). La seconde lettre (25 sont utilisées, y compris le Z) et l'indice correspondent au numéro d'enregistrement dans la quinzaine considérée.

En 1931, on compléta ces dispositions en officialisant le système des désignations définitives. Chaque astéroïde doit être désigné par son numéro d'ordre au catalogue, suivi de son nom international (ou de sa désignation provisoire) sans autre signe distinctif.

La décennie 1931-1940. Cette période allait être remarquablement féconde en observations et en découvertes de nouveaux objets. Certains astronomes allaient obtenir, souvent en quelques années seulement, des tableaux de chasse assez impressionnants. Outre **Reinmuth** qui restait le spécialiste le plus efficace, il faut noter Cyril **Jackson** (1903-1988) et Hendrik **Van Gent** (1900-1947) à Johannesburg, **Delporte** et Sylvain **Arend** (1902-1992) à Uccle, Louis **Boyer** (1901-1999) à Alger, Yrjö **Väisälä** (1891-1971) à Turku, György **Kulin** (1905-

1989) à Budapest, André **Patry** (1902-1960) et Marguerite **Laugier** (1896-1976) à Nice. Bien entendu, toutes ces découvertes étaient photographiques.

Les astéroïdes furent souvent observés par plusieurs astronomes en même temps ou pendant une très courte période. La paternité des découvertes ne fut plus dans de nombreux cas attribuée au premier observateur, mais à celui qui, grâce à une série d'observations précises, permit de calculer les éléments orbitaux de l'astre. A cette époque, c'était le Rechen-Institut de Berlin-Dalhem qui s'occupait du recensement de tout ce petit monde planétaire sous la direction de l'astronome allemand Gustav **Stracke** (1887-1943).

Cet institut publiait chaque année les *Kleine Planeten*, le recueil des éphémérides des objets numérotés, et aussi des circulaires contenant des observations des nouveaux objets et des éphémérides à l'usage des observatoires, pour que ces nouveaux venus soient suivis un maximum de temps dans un maximum d'endroits. Cette politique obtint un plein succès et cette décennie permit de cataloguer le nombre impressionnant de 381 astéroïdes, soit plus de trois par mois en moyenne. On passa donc de 1158 à 1539 objets définitivement numérotés, certains étant très faibles (magnitude photographique 17, ou même 18 ou 19).

Des petits astres qui frôlent la Terre. Cette période 1931-1940 restera surtout dans les mémoires par la découverte de petits astéroïdes exceptionnels qui peuvent passer à proximité de notre planète. Ce fut d'abord 1221 Amor, photographié en mars 1932 à Uccle par **Delporte**, qui passa à 16 millions de km de la Terre, détrônant Eros. Un mois plus tard, c'était au tour d'Apollo d'être découvert par **Reinmuth**. Pour la première fois, les astronomes se trouvaient en présence d'un astéroïde pénétrant à l'intérieur de l'orbite terrestre, et même de celle de Vénus. Il fallut attendre 1973 pour le retrouver, après 41 années de recherches infructueuses. En 1936, **Delporte** découvrait Adonis qui frôla la Terre à deux millions de km, approche qui fit sensation à l'époque.

Enfin, en 1937, **Reinmuth** photographiait Hermès qui passa à 735 000 km de nous le 30 octobre. Ce petit objet si intéressant fut perdu de vue quelques jours après sa découverte et ne fut pas réobservé lors de son approche serrée d'avril 1942. Il a été retrouvé en 2003 seulement, 66 ans plus tard, et il s'est avéré qu'il s'agit d'un astéroïde double formé de deux objets de taille identique quasiment au contact.

Ces quatre astéroïdes, qui font aujourd'hui partie de groupe des NEA (*Near-Earth Asteroids*), montrèrent que la Terre n'était pas à l'abri d'une mauvaise rencontre dans l'espace et explicitaient du même coup, d'une manière lumineuse, les cratères météoritiques terrestres et lunaires. Notre système Terre-Lune n'est pas seul sur sa route autour du Soleil, il la partage avec une multitude de poussières et croise de temps à autre des dizaines de milliers d'objets rocheux et métalliques plus imposants, pouvant atteindre et même dépasser 1 ou 2 km de diamètre.

Trente années de vaches maigres

Un coup d'arrêt catastrophique. La guerre de 1939-1945 marqua un arrêt presque total de l'activité astronomique en Europe, et en tout cas la fin d'une époque dans le milieu des astéroïdes. Seuls quelques observatoires isolés purent travailler, tant bien que mal, au ralenti. Väisälä et Liisa Oterma (1915-2001) trouvèrent quelques objets en Finlande, ainsi que Reinmuth à Heidelberg. Mais il fallut attendre 1947-1948 pour que les choses en astronomie retrouvent progressivement un rythme normal. La décennie 1941-1950 marqua donc sur le plan des astéroïdes numérotés une récession très marquée. On passa de 1539 à 1568, soit 29 nouveaux seulement. On entra dans une longue période de vaches maigres.

Deux instituts responsables. La période de l'immédiat après-guerre marqua une réorganisation complète dans le domaine des astéroïdes. Les *Kleine Planeten* furent publiées jusqu'en 1944 par le Rechen-Institut. A partir de 1947, deux organismes, l'un à l'Est et l'autre à l'Ouest, se partagèrent le lourd travail de s'occuper des petites planètes. D'une part, l'Institut d'Astronomie Théorique de Leningrad (ITA) qui publie chaque année les *Ephemerides of Minor Planets* (EMP), recueil qui contient les éléments orbitaux et les éphémérides de tous les objets numérotés. D'autre part, le Minor Planet Center, qui fut hébergé jusqu'en 1978 par l'observatoire de Cincinnati, avant d'émigrer à l'observatoire de Cambridge, et qui publie régulièrement les fameuses *Minor Planet Circulars*, outil de base de tout spécialiste.

De nouveaux astéroïdes exceptionnels. Cette période de l'après-guerre allait permettre aussi la découverte de nouveaux astéroïdes pouvant s'approcher fortement du Soleil et de la Terre. Certains ne purent être suivis que quelques jours, souvent par manque d'intérêt, il faut le dire, et furent immédiatement perdus. Il fallut parfois attendre la fin des années 1970 pour qu'ils soient réobservés et numérotés.

Parmi ceux-ci, plusieurs sont célèbres comme 1566 Icarus, 1620 Geographos, 1685 Toro, 1915 Quetzalcoatl et 2201 Oljato (qui s'approche à 150 000 km de l'orbite terrestre et qui est le frère jumeau de la comète P/Encke). Tous furent observés pour la première fois entre 1947 et 1953.

La vermine du ciel. La décennie 1951-1960 fut très décevante avec seulement 81 astéroïdes numérotés, de 1568 à 1649. Il faut bien savoir que durant cette période les astéroïdes étaient devenus dans de nombreux observatoires *la vermine du ciel*, et souvent n'étaient pas mesurés sur les plaques prises à l'occasion d'autres travaux, comme les cartes du ciel par exemple.

D'autre part, les années 1950 marquaient la fin de la suprématie de Heidelberg, où **Reinmuth** n'était pas remplacé. Les observatoires d'Uccle avec **Arend**, d'Alger avec **Boyer**, de Johannesburg avec Ernest **Johnson**, de La Plata avec Miguel **Itzigsohn**, et surtout celui de Brooklyn (université d'Indiana) poursuivaient les recherches, mais sans connaître la même réussite que celle de Heidelberg pendant la période 1892-1939.

Le Palomar-Leiden Survey (PLS). Deux observatoires s'associèrent pour cette étude remarquable sur les astéroïdes faibles dont la publication a demandé presque dix ans.

Dans un premier temps, l'astronome américain Tom **Gehrels** (1925-2011), l'un des grands noms de l'histoire des astéroïdes, prit 130 plaques format 35,6 x 35,6 cm au *Big Schmidt* de Palomar en septembre et octobre 1960. La région du ciel choisie avait une surface de 18° x 12° et était centrée sur l'équinoxe vernal, en opposition avec le Soleil au moment de cette première partie des opérations.

Les clichés furent ensuite traités et analysés très en détail à l'observatoire de Leyde, aux Pays-Bas, par Cornelis **van Houten** (1920-2002) et son épouse Ingrid **van Houten-Groeneveld**. Ces deux astronomes mesurèrent plus de 14 000 positions d'astéroïdes et leurs magnitudes et 7500 positions d'étoiles standards. Chaque plaque recelait de 200 à 400 objets, ce qui donne une idée du nombre énorme de fragments planétaires. Plus de 2000 astéroïdes furent découverts, les éléments de 1800 d'entre eux étant assez précis pour un traitement statistique.

Dans les années 1970, trois nouveaux PLS (le T-1 en 1971, suivi du T-2 en 1973 et du T-3 en 1977), plus basés sur la découverte de Troyens, permirent également de trouver plus de 2000 objets nouveaux. Cinquante ans après les premiers clichés de **Gehrels**, plus de 4000 objets des quatre PLS sont numérotés au nom des époux **van Houten** et au sien. La quasi-totalité des astéroïdes découverts lors de ces surveys seront catalogués, au fur et à mesure de leur réobservation par les instruments modernes. Cela assure aux trois astronomes la première place au palmarès *individuel* des découvreurs d'astéroïdes.

L'observatoire de Nauchnij. L'arrêt des grands observatoires spécialisés, et en particulier celui de Heidelberg, poussa les astronomes soviétiques à créer un important centre d'observation des astéroïdes sur un site favorablement situé. C'est l'observatoire d'astrophysique de Crimée, situé à Nauchnij, qui fut choisi. Son service spécialisé succédait ainsi à l'observatoire voisin de Siméïs qui s'était illustré par la découverte de près de 150 astéroïdes entre 1912 et 1953.

Ce nouvel établissement, connu sous le nom de CRAO (pour CRimean Astrophysical Observatory), fut opérationnel à partir de 1964 et fut très performant jusqu'à la fin des années 1980, avant de disparaître en même temps que l'URSS. L'instrument principal était un astrographe double de 40 cm, ouvert

à f/4 et atteignant la magnitude 18, bien servi par une équipe principalement féminine : Nikolai **Chernykh** (1931-2004), Lyudmila **Chernykh**, Tamara **Smirnova**, Lyudmila **Zhuravleva** et Lyudmila **Karachkina** notamment.

Il faut consulter la collection des *Minor Planet Circulars* pour se faire une idée de l'énorme travail effectué dans cet observatoire qui dépasse les 1200 découvertes numérotées.

1961-1970 : une décennie calamiteuse. Malgré le PLS et le démarrage du CRAO, dont les résultats chiffrés allaient se traduire durant les décennies suivantes, il faut bien admettre que la décennie 1961-1970, tout autant que la précédente mais avec moins d'excuses, a été la plus décevante de l'histoire des astéroïdes. Rien ne justifie le désintérêt rencontré par ces petits astres, encore considérés comme *la vermine du ciel*. Il faut cependant signaler les efforts des Chinois qui lancèrent un programme de recherches à Nankin.

Seulement 130 astéroïdes ont été numérotés en dix ans, ce qui est assez affligeant quand on voit les scores atteints depuis quelques années. Tant et si bien que fin 1970, 1779 astéroïdes étaient numérotés, plusieurs milliers d'autres étant sur la liste des objets perdus, souvent par manque de soin et du suivi indispensable qu'ils auraient nécessité.

La période 1970-2010

Une prise de conscience salutaire. Heureusement, le début des années 1970 faisait table rase des préjugés négatifs sur les astéroïdes, qui, au contraire, parurent utiles pour comprendre l'origine du Système solaire. Leur étude physique, grâce à de nouvelles techniques d'observation, montrait l'existence de plusieurs classes physiques, notamment les classes S, C et M, qui indiquaient une origine différente et un passé mouvementé, fait de collisions nombreuses et de regroupements en familles.

Les premières estimations sur le nombre total d'astéroïdes, faites d'après plusieurs méthodes, montrèrent qu'ils existaient par millions, et que plus d'une centaine de milliers d'entre eux seraient observables dans les cent ans à venir. Cette prédiction s'est réalisée bien avant l'échéance prévue par les spécialistes les plus optimistes, personne ne pouvant prévoir alors les fulgurants progrès techniques à venir et dont nous sommes les témoins aujourd'hui.

Les années 1970. Ce sont les années du renouveau, avec surtout l'entrée en lice de Palomar et l'utilisation du Schmidt de 46 cm par deux équipes spécialisées, celles de Eleanor **Helin** (1932-2009) et de Eugene **Shoemaker** (1928-1997) qui à l'occasion de leur recherche de NEA trouvèrent aussi de nombreux objets de l'anneau principal et des Troyens.

Mais d'autres chercheurs doivent être signalés, comme Freimut **Börngen**, Lubos **Kohoutek**, Edward **Bowell**, Charles **Kowal** et Kiichiro **Hurukawa**. En Argentine, les astronomes de El Leoncito firent aussi du bon travail, découvrant des astéroïdes par dizaines. En Australie, ceux de Perth découvrirent enfin quelques objets pour étoffer le palmarès de l'Océanie, vierge jusque-là. A partir de 1978, l'ESO vit quasiment en permanence des missions d'astronomes européens, parmi lesquels il faut citer Henri **Debehogne** (1928-2007) et Claes **Lagerkvist** qui obtinrent des scores enviables. A Klet, commença un important programme, qui se poursuit encore, et qui connut un plein succès avec Antonin **Mrkos** (1918-1996) et Zdenka **Vavrova**.

Les années 1980 et la révolution des caméras CCD. Ces années virent l'apparition de nouvelles équipes ou chercheurs indépendants. En 1981, eut lieu un important survey, l'UCAS, à Siding Spring en Australie, qui permit à Schelte **Bus** de découvrir plusieurs centaines d'astéroïdes nouveaux. Il faut citer aussi Eric **Elst**, Henry **Holt**, Poul **Jensen**, Alan **Gilmore** et Pamela **Kilmartin**, Robert **McNaught**, Carolyn **Shoemaker** et David **Levy**, Brian **Skiff**, Norman **Thomas** qui utilisèrent le film avec succès.

L'introduction des caméras CCD pour la recherche des astéroïdes est une révolution comme celle instaurée par Max **Wolf** un siècle plus tôt. La disparition du support photo, remplacé par l'informatique et les découvertes électroniques, allait permettre à une multitude de chercheurs indépendants, souvent amateurs, de refaire parler d'eux après une longue période durant laquelle ils avaient totalement disparu, du fait d'un manque de compétitivité face aux grands observatoires spécialisés.

Les Japonais, toujours à l'avant-garde, s'emparaient du nouveau créneau et allaient faire merveille grâce à des individualités, notamment Takao **Kobayashi**, et des équipes très motivées et remarquablement efficaces. Dans de nombreux cas, un observateur est associé à un ordinateur performant. Leur réussite a été exceptionnelle, comme le montre les palmarès. Ils furent suivis par les amateurs italiens et américains, et un peu plus tard par les Français. Tous ont encore quelques années devant eux pour se tailler un palmarès à la hauteur de leur motivation.

La ceinture de Kuiper et les Centaures. La multiplication des caméras CCD et leur installation couplée avec des télescopes de grand diamètre sur des sites privilégiés a permis de découvrir des objets plus lointains et beaucoup plus faibles qu'auparavant (magnitudes de 22 à 25). Ce progrès a été suffisant pour découvrir à partir de 1992 (1992 QB₁, qui a donné le qualificatif de *cubewano*) une multitude d'objets extérieurs à Neptune, que l'on connaît sous le nom générique

d'objets transneptuniens (ou TNO), mais qui sont de nature différente (astéroïdes, comètes et objets mixtes).

C'est un véritable réservoir de corps célestes primordiaux, baptisé *ceinture de Kuiper*, d'où sont originaires les *Centaures* et une bonne partie des comètes qui viennent dans le Système solaire intérieur, qui existe entre 38 UA et 100 ou 200 UA, ou peut-être même beaucoup plus. On distingue les *cubewanos* et les *plutinos* qui ont une période de révolution dans le rapport 3/2 avec celle de Neptune. On s'attend à des milliers de découvertes au XXI^{ème} siècle.

Avec la découverte de Chiron en 1977, les astronomes ont fait la connaissance des Centaures, objets issus pour une grande part de la ceinture de Kuiper et qui circulent entre Jupiter et Neptune sur des orbites instables et donc provisoires.

Les PHA : les astéroïdes dangereux pour la Terre. Avec l'apparition des caméras CCD, les découvertes d'astéroïdes proches de la Terre, les NEA, se sont multipliées d'une manière imprévue. C'est le programme Spacewatch, situé à Kitt Peak et managé par **Gehrels**, qui, à partir de 1989, a dégrossi le travail avec plus de 150 découvertes d'objets, certains étant très faibles et ne dépassant pas quelques mètres de diamètre (magnitude absolue 27 ou 28).

A partir de 1996, plusieurs autres équipes internationales (NEAT et LONEOS notamment) vinrent le concurrencer sur son domaine. Les astronomes et les militaires américains instituèrent alors le concept de PHA (pour *Potentially Hazardous Asteroids*), les astéroïdes dangereux pour la Terre qui ont une distance à l'orbite terrestre $< 0,05$ UA et $H < 22,0$ (soit un diamètre de plus de 130 mètres pour un objet de type S). Le nombre de NEA découverts grimpa alors d'une façon vertigineuse, avec plusieurs centaines de nouveaux par an, atteignant plus de 7500 actuellement et celui des PHA plus de 1200 (soit 1 NEA sur 7). Par contre, le nombre de NEA numérotés dépasse à peine les 1200 car les responsables du Minor Planet Center ne veulent cataloguer que des objets très bien observés à l'occasion d'au moins quatre approches ou oppositions différentes.

LINEAR, la nouvelle révolution. L'entrée en lice de LINEAR (pour *Lincoln Laboratory Near-Earth Asteroid Research Team*), le survey de l'US Air Force, basé à Socorro, dans le Nouveau-Mexique, a été une révolution à l'intérieur même de la révolution CCD dont nous avons parlé. Un gain de puissance appréciable, le dernier cri de la technologie pour le traitement des informations au fur et à mesure qu'elles sont recueillies, ont évidemment creusé un fossé immédiat avec les observatoires classiques et a fortiori avec les artisans amateurs. Plusieurs centaines de milliers d'observations, plusieurs dizaines de milliers de découvertes et de réobservations décisives, LINEAR a été la star incontestée entre 1996 et 2004.

Mais avec LINEAR, la politique a rejoint la science, et c'est l'esprit même de la découverte scientifique qui a été remis en cause. Il faut savoir qu'avec LINEAR, les militaires américains se sont auto-proclamés sauveurs de la planète, bien décidés à traquer l'ennemi extérieur que constituent à la fois les comètes et les astéroïdes dangereux. L'autre face du décor est bien connue : la recherche et la mise au point d'armes nucléaires pour combattre l'éventuel danger.

[Vers le million d'astéroïdes recensés.](#) Aujourd'hui NEAT et LONEOS ont arrêté leur étude systématique du ciel. Mais ils ont été remplacés par de nouveaux surveys tout aussi efficaces, et même davantage. D'abord par le Catalina Sky Survey, qui regroupe le Mt Lemmon Sky Survey, également basé en Arizona, mais aussi le Siding Spring Sky Survey, basé en Australie. Ensuite, le Pan-STARRS 1, basé à Hawaï, premier maillon d'un télescope spécialisé qui doit révolutionner l'étude des NEA et permettre la découverte de plusieurs centaines de milliers d'astéroïdes non encore décelés.

Le million d'astéroïdes recensés est prévu pour les années 2014-2015. Mais il existe aujourd'hui plusieurs dizaines d'observatoires qui découvrent aussi des astéroïdes, et plusieurs centaines d'astronomes indépendants, souvent amateurs, qui découvrent également quelques objets. Plusieurs d'entre eux ont un palmarès qui dépasse la centaine d'objets numérotés. Evidemment, les chasseurs d'astéroïdes qui ont travaillé avec le film, aujourd'hui totalement obsolète et abandonné par tous les astronomes, reculent chaque mois au palmarès depuis que l'on numérote chaque année plusieurs milliers d'astéroïdes nouveaux. Le nombre actuel dépasse les 300 000.

Conclusion

Dans cet article, nous n'avons pu que survoler cette formidable épopée que constitue l'histoire des petites planètes. Les choses vont vite, un événement, une époque chasse l'autre irrémédiablement. **Kepler, von Zach, Piazz**i et même les valeureux chasseurs d'astéroïdes du XIX^{ème} siècle, c'est quasiment la préhistoire. **Wolf, Charlois, Palisa, Reinmuth** et leurs confrères de la première moitié du XX^{ème} siècle, c'est l'Antiquité. **Chernykh, Bowell, Helin, Shoemaker, Bus** et tous les autres qui ont travaillé avec le film, c'est déjà le passé, une époque palpitante mais bien révolue.

La période actuelle, depuis une vingtaine d'années, ce sont les grands surveys spécialisés, mais aussi ces caméras CCD qui se sont multipliées et qui ont permis à une multitude d'amateurs, dispersés autour du globe, de faire œuvre utile et de se forger en quelques années un palmarès tout à fait honorable. Ce sont également des groupes de chercheurs qui se cachaient, et se cachent encore pour certains, derrière des sigles bien connus des spécialistes : ODAS (survey franco-allemand

malheureusement abandonné pour des raisons financières), LONEOS, BSCAP, NEAT, AMOS, LINEAR, WISE (une sonde infrarouge qui en un an a découvert plusieurs dizaines de milliers d'objets) et d'autres.

La question que tout le monde se pose aujourd'hui est celle-ci : « Jusqu'où faut-il aller ? ». Il est bien clair qu'un million d'astéroïdes sont observables avec les moyens actuels. Les indices bimensuels supérieurs à 200 sont monnaie courante. Le Minor Planet Center est débordé et ne peut éviter la paralysie que grâce à l'aide extérieure, notamment celle des équipes de bénévoles qui s'occupent de l'enregistrement des observations, de l'étude systématique des anciennes plaques photographiques, des milliers d'identifications et du calcul des orbites. Est-il bien raisonnable de vouloir recenser le million d'objets qui sont accessibles ?

Le prochain quart de siècle sera encore plus riche que celui qui vient de s'écouler, et qui a pourtant été révolutionnaire. Mais le progrès technologique aidant, l'histoire s'accélère...

Pour en savoir plus

Le site web du **Minor Planet Center** : www.minorplanetcenter.org donne de multiples renseignements et permet de consulter toutes sortes de listes et de circulaires concernant les éléments orbitaux, les découvertes, les approches passées et à venir et la signification des noms pour les astéroïdes baptisés (près de 17 000). Les archives des *Minor Planet Circulars* sont elles aussi consultables depuis novembre 1979.

Tous les grands surveys spécialisés ont leur propre site Internet, ainsi que tous les autres observatoires concernés par les astéroïdes et les comètes, et la quasi-totalité des astronomes indépendants qui travaillent sur le sujet.

D'autres renseignements peuvent être consultés sur mon site **La menace du ciel**, notamment sur l'historique et la progression des découvertes.

Les livres sur le sujet se démodent vite, compte tenu de nouvelles informations disponibles en permanence. Trois livres récents permettent quand même d'avoir une information pertinente sur l'évolution actuelle du monde des astéroïdes : les nouveaux objets, les hommes, les observatoires, les surveys, les techniques :

Rivkin (A. S.), *Asteroids, Comets, and Dwarf Planets*, Greenwood Press, 2009.

Dymock (R.), *Asteroids and Dwarf Planets and how to observe them*, Springer, 2010.

Mobberley (M.), *Hunting and Imaging Comets*, Springer, 2011.