

LES TRANSNEPTUNIENS

Les transneptuniens sont composés d'une partie du reliquat du disque protoplanétaire, après la naissance des planètes. Ils sont situés au-delà de l'orbite de Neptune qui est située entre 29,76ua et 30,44ua (demi-grand axe = 30,1ua). Leur emplacement résulte principalement de l'éjection des petits corps, lorsque les planètes géantes se sont déplacées dans le Système solaire interne après leur formation, pour prendre leur position actuelle.

La ceinture Edgeworth-Kuiper

Elle est située au-delà de l'orbite de Neptune entre 35 et 50ua. Sa formation a été influencée par les planètes géantes, en particulier par Jupiter et Neptune.

C'est un disque de débris, constitué principalement d'objets formés d'éléments légers et glacés, tel que l'ammoniac, le méthane, la glace d'eau et de roches siliceuses, le tout mélangé en proportions variables. Les observations menées dans le visible et le proche infrarouge montrent une importante diversité de couleurs, du gris bleu au rouge sombre, ce qui entraîne des surfaces de compositions très différentes. Certains spectres ressemblent à la surface de Pluton, d'autres à une surface cométaire fortement irradiée.

Ce disque est plus important que la ceinture principale d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter. Il a une concentration centrale allant jusqu'à 10° de part et d'autre de l'écliptique, puis sur les extérieurs, il est plus clairsemé sur plusieurs dizaines de degrés. Il est aussi beaucoup plus massif car on pense qu'il contiendrait au moins 70000 corps dont le diamètre serait plus grand que 100km de diamètre. Les centaures qui gravitent entre Jupiter et Neptune proviennent certainement de ce disque, ainsi que Triton satellite de Neptune, capturé par cette planète.

Historique : En 1991, Alan Stern (Astronome américain), estime que la ceinture de Kuiper est peuplée de plusieurs millions d'objets dont la taille va de 10km à 2000km de diamètre, ce qui en ferait le réservoir des comètes dont la période de révolution est inférieure à 200 ans.

Pluton découvert en 1930 par Clyde Tombaugh (astronome américain), fut classé à l'époque comme la neuvième planète du système solaire, cette découverte permettait d'expliquer les perturbations orbitales de Neptune. A la suite de cette découverte de nombreux astronomes émirent l'hypothèse que d'autres corps semblables gravitaient au-delà de l'orbite de Neptune.

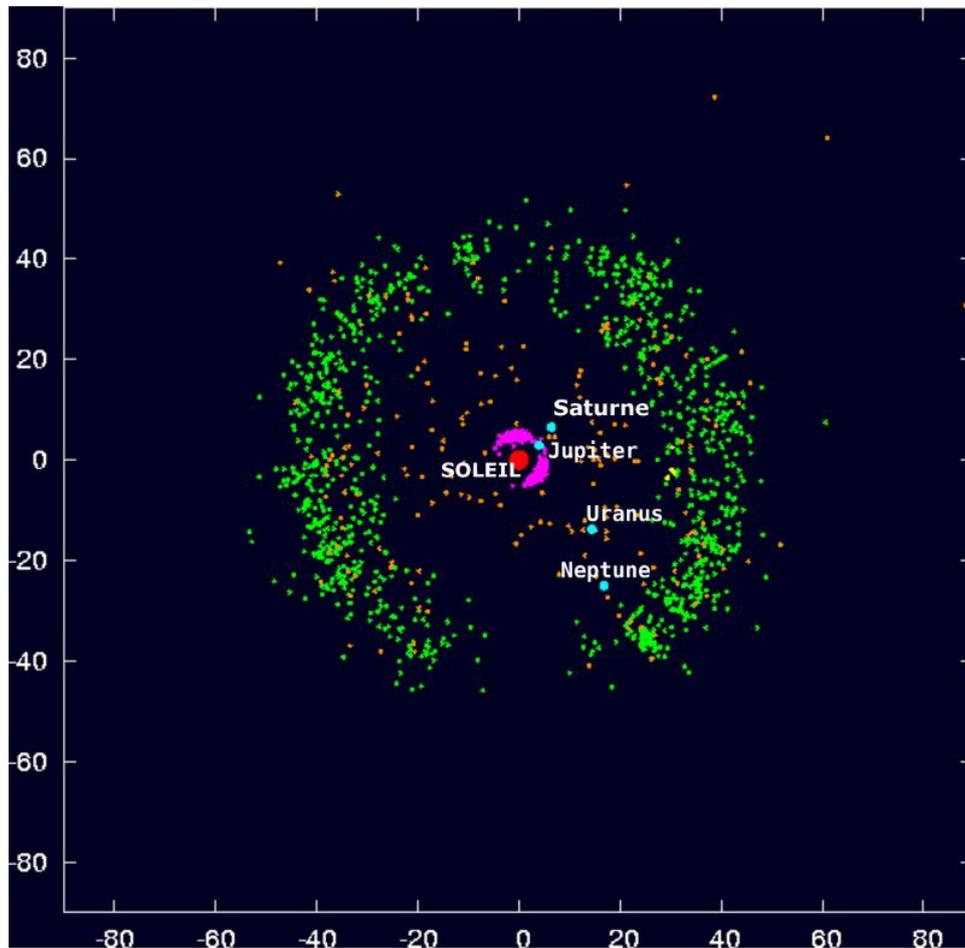
En 1943, Kenneth Edgeworth (astronome irlandais), pensa que les petits corps situés au-delà de l'orbite de Neptune étaient trop dispersés pour s'accrétés en planètes et formaient plutôt une multitude d'objets disparates.

En 1951, Gérard Kuiper (astronome néerlandais puis américain), suggère l'existence d'une ceinture d'astéroïdes au-delà de l'orbite de Neptune, en étudiant les orbites de plusieurs comètes à courte période.

En 1977, Charles Kowal (astronome américain), découvre (2060) Chiron, astéroïde glacé en orbite entre Saturne et Uranus. Plus tard on s'aperçut qu'il émet une queue cométaire, d'où il sera classé aussi comme comète : 65/P Chiron. C'est un objet qui est classé parmi les Centaures, qui sont des planétoïdes de petites dimensions gravitant parmi les orbites des planètes gazeuses. Ils peuvent être des astéroïdes ou/et des comètes comme Chiron. On pense généralement que ce sont des corps qui proviennent de la ceinture de Kuiper ayant subi des perturbations.

En 1988, un astronome canadien, effectua des simulations informatiques qui montrèrent que les comètes à courte période ne pouvaient provenir que d'un réservoir d'objets situés

entre 30 et 55ua, car leurs orbites étaient proches de l'écliptique. Il lui donna le nom de ceinture de Kuiper.



Objets connus de la ceinture de Kuiper. (GNU Free Documentation License.)

Image issue des données du Minor Planet Center. Auteur : Willy D.

Le Soleil est en rouge. Les planètes géantes en vert bleu.

Les troyens de Jupiter en rose. Les objets de la ceinture de Kuiper classique en vert.

Les objets épars de la ceinture de Kuiper en orange.

Les échelles sont en unité astronomiques.

Les positions des planètes géantes sont exactes pour le 1^{er} janvier 2000.

Les positions des autres objets sont données entre 1993 et 2007.

Le 30 août 1992, David Jewitt du MIT et Jane Luu son étudiante, après cinq années de recherche, à l'aide des télescopes de Kitt Peak en Arizona, du Cerro Tololo au Chili et du Mauna Kee à Hawaï, annoncèrent la découverte d'un objet candidat à la ceinture de Kuiper, (15760) 1992QB1, et six mois plus tard un second objet 1993FW.

Depuis les découvertes ce sont succédées, dont les principales sont :

20000 Varuna (2000WR106), dimension : 840 à 1240km.

28918 Ixion (2001KX76), dimension : 759km.

50000 Quaoar (2002LM60), dimension : 1280km.

90377 Sedna (2003VB12), dimension : 995km.

136108 Hauméa (2003EL61), dimensions : 1960 x 1518 x 996km.

90482 Orcus (2004DW), dimension : 946km.

136199 Eris (2005), dimension : 2326km.

136472 Makémaké (2005FY9), dimension : 1430km.

En août 2006, l'UAI lors de son 26^e congrès, après une semaine de débats sur la définition d'une planète, à cause des découvertes dans la ceinture de Kuiper, décide de faire trois classes d'objets dans le système solaire :

Les planètes : qui sont au nombre de huit : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

Les planètes naines : au nombre de cinq actuellement : **1 Cérés**, 974,6km de diamètre équatorial, seule planète naine qui appartient à la ceinture principale d'astéroïdes. **134340 Pluton**, 2370km de diamètre équatorial. **136108 Hauméa**, **136472 Makémaké**, **136199 Eris**.

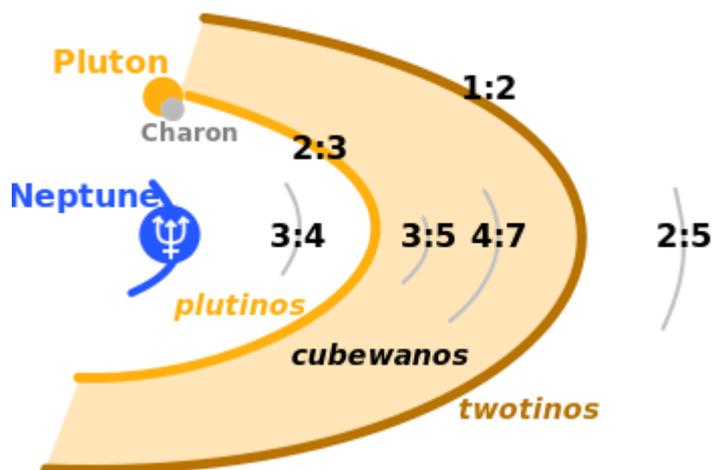
D'autres sont susceptibles d'être homologuées : 207OR10, Charon, Quaoar, Sedna, Orcus, Varuna, 2002MS4, Salacie...

Les petits corps du système solaire : Comprenant les comètes, les astéroïdes, et les satellites.

Composition de la ceinture de Kuiper : La présence de Neptune a fortement perturbé les objets qui la composaient à l'origine, ainsi que les rencontres perturbantes en cas de passage rapproché ou de choc de deux objets. Ce qui a eu pour effet d'une part une dispersion avec des orbites inclinées sur l'écliptique jusqu'à 35°, parfois plus, d'autre part des lacunes où les objets ne peuvent rester pendant de longue période, ce qui donne des positions privilégiées en résonance avec Neptune.

Elle s'étend entre 30 et 55ua en tenant compte des régions externes. La partie principale se situe entre

Ceinture de Kuiper et résonances orbitales



39,5ua (résonance 2:3) à 48ua (résonance 1:2). Les objets qui n'étaient pas en résonance avec Neptune ont été envoyés vers le Système solaire interne, ou vers les éléments épars, ou plus loin (nuage d'Oort interne ou externe), ou même dans l'espace interstellaire.

Les objets de la ceinture de Kuiper sont nommés les **TNO** pour Trans-Neptunien objets, ou **KBO** pour Kuiper belt objects. Ils ont été répartis en plusieurs familles selon leur position :

Les **plutinos**, lesquels sont en résonance 2 :3 avec Neptune, (cette planète parcourt 3 fois son orbite, pendant que les plutinos n'en font que deux).

Les **cubewanos** ou **KBO classiques**, qui occupent la ceinture classique située après la résonance 2:3 jusqu'à la résonance 1:2. Leur nom provient de 1992QB1, le premier objet découvert par David Jewitt et Jane Luu.

Les **twotinos**, (cette dénomination semble être peu utilisée), lesquels sont en résonance 1:2 avec Neptune, (cette planète parcourant deux fois son orbite pendant que les twotinos en parcourent une). Ils terminent la ceinture classique.

Les **objets dispersés** ou **épars**, pour ceux qui sont éparpillés en dehors de la ceinture classique au-delà de 48ua.

Auteurs du schéma ci-dessus : Lilyu et Eurocommuter. (GNU Free Documentation License).

La ceinture classique



Les plutinos : (petits plutons). Leur orbite en résonance 2:3 avec Neptune est semblable à celle de Pluton, avec un demi-grand axe situé aux environs de 39,5ua. Leur inclinaison ne dépasse pas 20° sur l'écliptique, avec une excentricité qui peut être importante (de 0,1 à 0,35). Les astrophysiciens estiment à plusieurs milliers les plutinos de plus de 100km, dont 150 étaient recensés en Février 2006. Puisqu'ils sont en résonance avec Neptune, ils peuvent croiser l'orbite de cette planète sans être éjectés par elle, et sans la rencontrer.

*Photo : Pluton vu par Hubble en 2010.
NASA, ESA, Marc W. Buie (SRI).*

Quelques plutinos

Pluton : Le plus gros plutino actuellement connu, il est aussi une planète naine ou un plutoïde. Son diamètre équatorial vaut 2370km, et son demi-grand axe = 39,445ua, son orbite située entre 30 et 49ua a une excentricité de 0,25 et est incliné de 17,09 degrés sur l'écliptique, elle

recoupe celle de Neptune. Pluton est composé principalement de glace de méthane, de glace d'eau et de roches. Cette planète naine possède cinq satellites, Charon, Hydre, Nix, Kérbéros et Styx.

Charon découvert en 1978, à un diamètre de 1207km, soit environ la moitié de celui de Pluton, ce qui permet de dire que l'on est en présence d'une planète double, car leur barycentre est à l'extérieur des deux objets et donc ils tournent autour de ce point commun situé dans l'espace. Les autres satellites de Pluton n'ont que quelques dizaines de kilomètres.

La sonde **New Horizons** lancée par la NASA le 6 janvier 2006, après un voyage de six milliards de kilomètres devrait arriver en juillet 2015 près de Pluton.

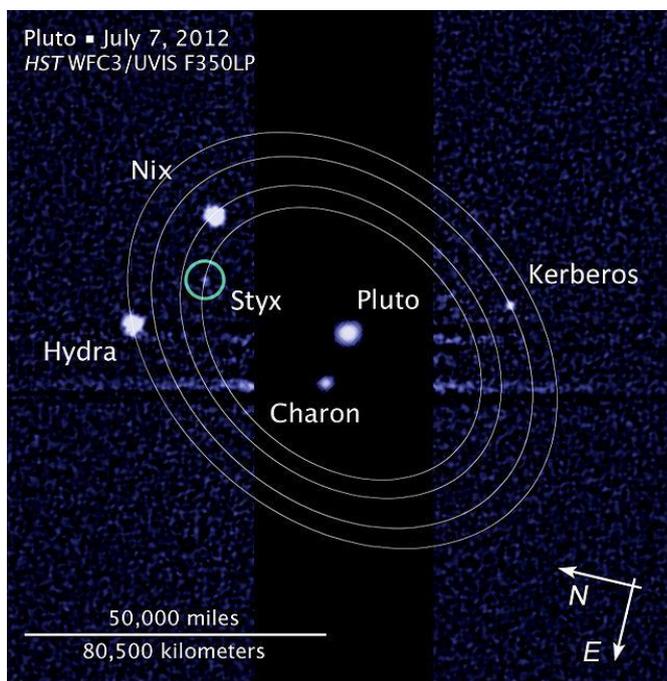


Schéma ci-dessus : Le système plutonien le 9 juillet 2012. NASA, ESA, L. Frattare (STS cl).

(32929) 1995QY9 : Il croise l'orbite de Neptune sans jamais s'approcher de cette planète. Dimension = 111km, demi-grand axe = 39,99ua, excentricité = 0,269, inclinaison = $4,8^\circ$.

(47171) 1999TC36 : Il possède deux satellites. Dimension = 393km, demi-grand axe = 39,39ua, excentricité = 0,224, inclinaison = $8,4^\circ$.

(**90482**) **Orcus** : Il possède un satellite. Dimension = 946km, demi-grand axe = 39,45ua, excentricité = 0,226, inclinaison = 20,59°.

(**28978**) **Ixion** : Dimension = 759km, demi-grand axe = 39,51ua, excentricité = 0,241, Inclinaison = 19,62°.

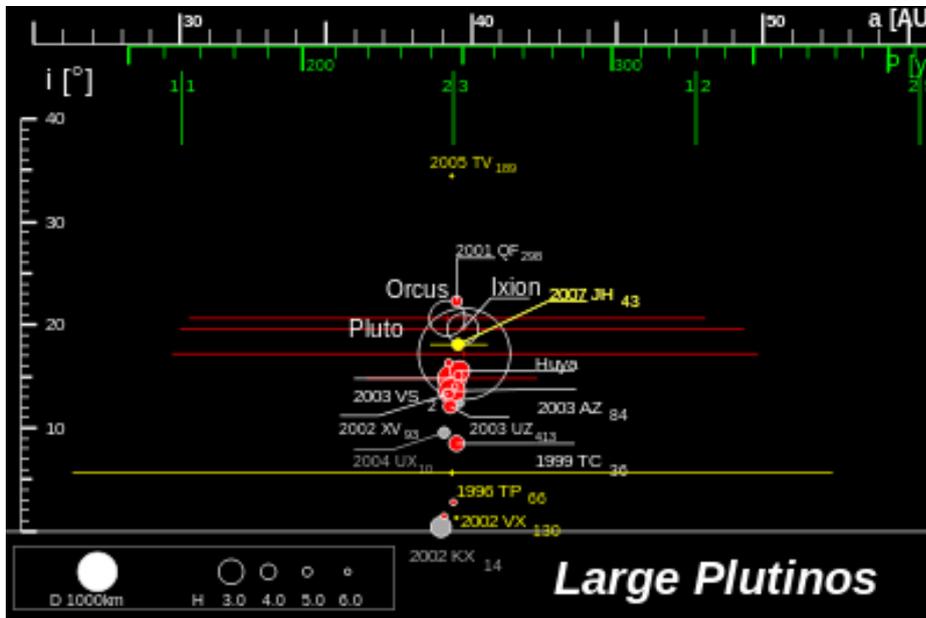


Schéma ci-contre : Les grands plutinos.
Source : Minor Planet Center. Utilisateur : Eurocommuter.
License : (GNU Free documentation).

Demi-grand axe en unités astronomiques, sur l'échelle horizontale.
Inclinaison de l'orbite en degrés sur l'échelle verticale.

L'excentricité de l'orbite est montrée par un segment qui s'étend de la gauche (périhélie) vers la droite (aphélie). Les principales résonances avec Neptune sont marquées par des barres verticales : 1 :1 marque l'orbite de Neptune, 2 :3 marque l'orbite de Pluton sur l'échelle des périodes orbitales en vert.

2005EK298 : A l'orbite la plus inclinée connue actuellement.

2003QV91 : Son orbite est la plus excentrique (0,35), son périhélie est à mi-chemin entre Uranus et Neptune et son aphélie dans la région des objets épars.

(**119951**) **2002KX14** : est sur une orbite presque circulaire (excentricité = 0,04) et presque coplanaire avec l'écliptique (inclinaison inférieure à 0,5°).

*Nota 1 : Les **plutoïdes** sont des objets célestes en orbite autour du Soleil, avec un demi-grand axe supérieur à celle de Neptune, qui possèdent une masse suffisante pour que leur gravité l'emporte sur les forces de cohésion du corps solide et le maintiennent en équilibre hydrostatique (sous une forme presque sphérique) et qui n'ont pas nettoyé leur voisinage. En résumé il s'agit donc d'une planète naine transneptunienne. Cette définition a été adoptée par l'UAI à Oslo le 11 juin 2008. En conséquence au 1^{er} décembre 2014, l'UAI considère officiellement qu'il y a quatre plutoïdes : **Pluton, Haumée, Makémaké, Eris.***

Cérès qui appartient à la ceinture principale d'astéroïdes est actuellement l'unique planète naine qui n'est pas un plutoïde.

*Nota 2 : Les **plutinos** (ou **plutoniens**), sont des objets transneptuniens situés dans la ceinture de Kuiper, et qui sont en résonance 2:3 avec Neptune, (Ils font deux orbites quand Neptune en fait trois).*

Les cubewanos ou KBO classiques

Ils sont situés après la résonance 2:3 jusqu'à la résonance 1:2 avec Neptune. Ils peuvent être sur une résonance telles que : 4:3, 5:3, 2:1, 5:2... Ou en dehors d'une résonance, car l'influence de Neptune est négligeable pour des orbites de 42 à 48ua de demi-grand axe. Leurs orbites n'interceptent pas celle de Neptune. Elles sont presque circulaires et peu inclinées pour la majorité des cubewanos qui sont dit : "**population froide**". D'autres cubewanos moins nombreux, ont leurs orbites très inclinées et excentriques sont dit : "**population chaude**".

Comme pour les autres objets de la ceinture de Kuiper, on pense généralement que leur formation a eu lieu plus près du Soleil par accréation de la matière du disque protoplanétaire, et que leurs positions actuelles sont dues à la migration des planètes géantes, en particulier de Neptune.

Quelques représentants de cette famille :

(136472) Makémaké : classé comme planète naine, dimensions : 1430x1502km.

(15760) 1992QB1 : qui a donné son nom à cette classe d'objets. Il est le premier transneptunien découvert après Pluton et Charon. Dimension environ 120km.

(20000) Varuna : premier gros objet classique découvert.

Dimensions = 840x1240km.

(50000) Quaoar : Dimension = 1170km environ. Son orbite est presque circulaire pour un demi-grand axe de 43,25ua et une inclinaison de 7,98°.

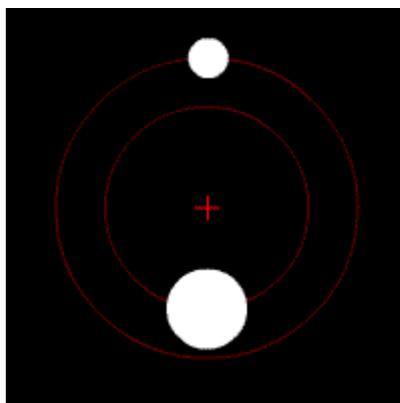
1998WW31 : De 122 à 148km, premier objet binaire connu après le couple Pluton-Charon. Les deux objets de dimensions peu différentes tournent autour d'un barycentre situé dans l'espace, (croix rouge sur la figure).

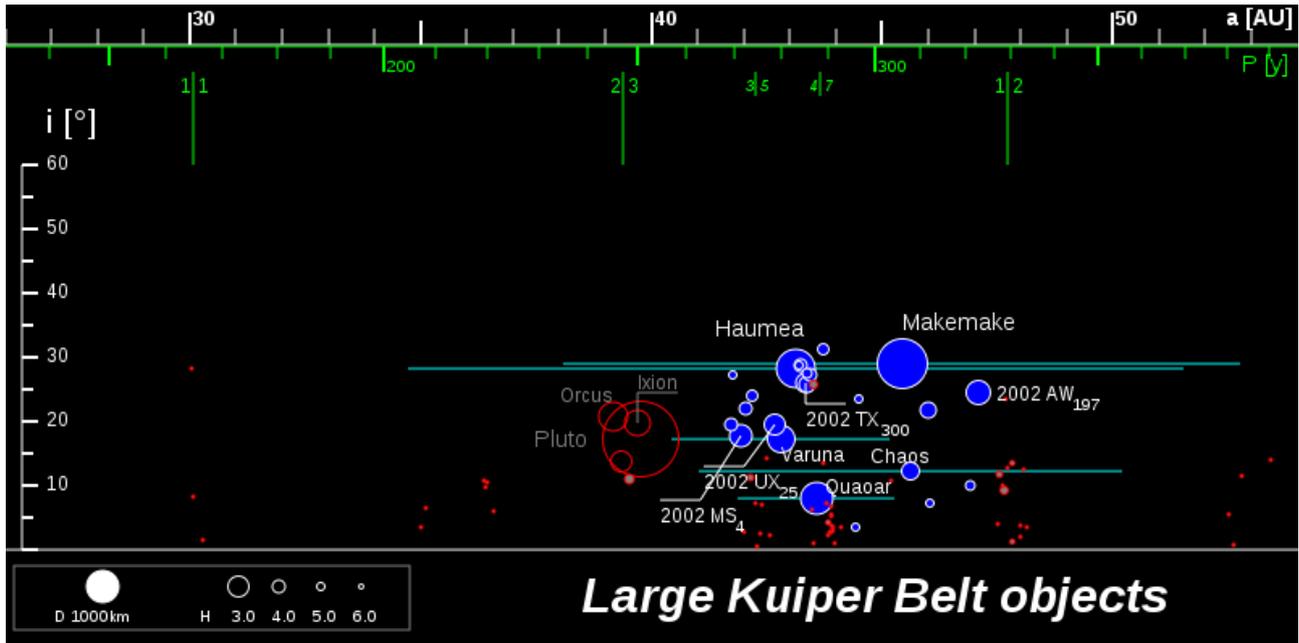
(58534) Logos : Objet binaire de 64km avec son compagnon Zoé qui fait 80km. 8000km entre les deux objets.

(88611) Teharonhiawako : Objet de 175km, binaire avec Sawiskera qui fait 109km.

(66652) Borasisi : Objet de 166km, binaire avec Pabu de 137km.

*Figure ci-dessous, auteur : Zhatt. (Domaine public).
Représentation de deux objets tournant autour d'un centre commun extérieur à eux, (croix et cercles rouges).*





Utilisateur du diagramme ci-dessus : Eurocommuter. (GNU Free Documentation License).

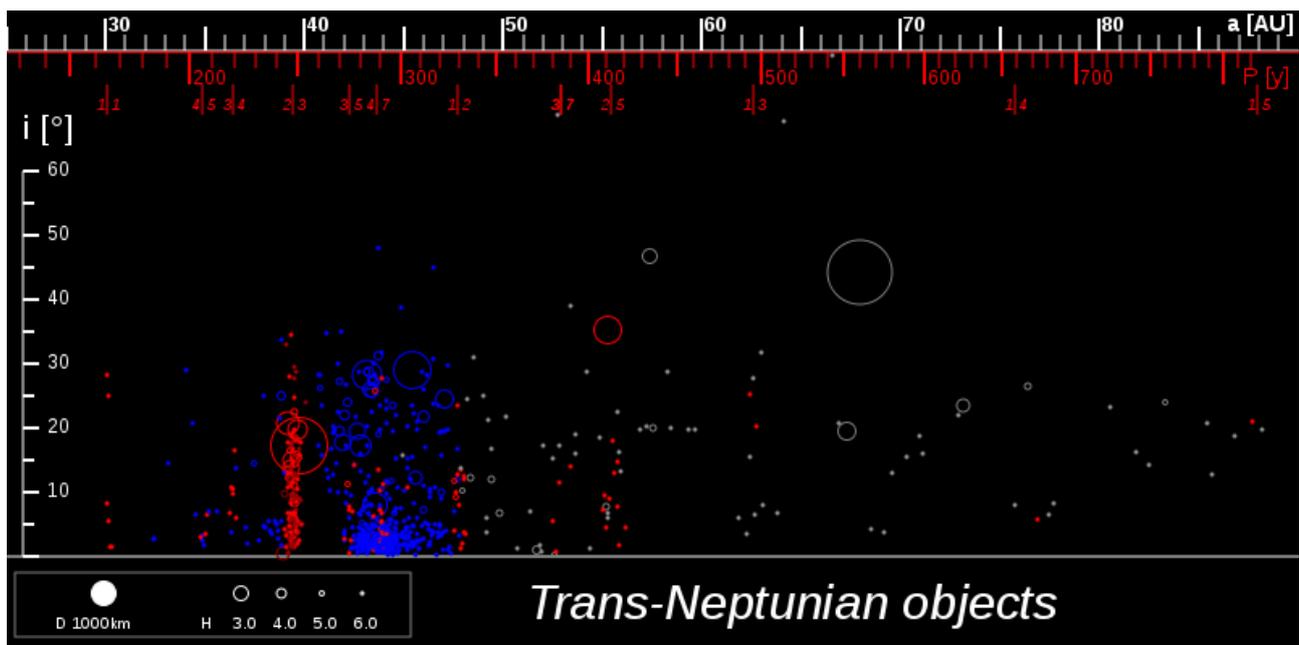
Il donne les orbites des grands cubewanos, (LKBO) colorés en bleu, au-delà des orbites des grands plutinos, cercles rouges. L'excentricité de l'orbite est représentée par les segments (du périhélie à l'aphélie), et son inclinaison est donnée sur l'axe vertical en degrés. Sur l'axe horizontal en blanc, est donné la position du demi-grand axe de l'objet en unités astronomiques. Les dimensions des cercles sont proportionnelles aux dimensions connues pour les grands objets. Pour les petits objets leurs positions sont données par les points rouges. Les principales résonances avec Neptune sont marquées par des barres verticales. 1:1 = Neptune, 2:3 = Pluton (en vert), sur l'échelle des périodes orbitales.

Les objets dispersés ou épars

Ils sont situés au-delà de 48ua, avec des orbites très inclinées sur l'écliptique et très excentriques. Ce sont actuellement les objets les plus lointains connus du Système solaire. Ils forment une population peu dense, et leurs orbites peuvent atteindre 100ua et parfois plus à l'aphélie. Leur périhélie ne les amène pas à moins de 35ua du Soleil, en dehors de l'influence directe de Neptune, (cependant certains astronomes pensent que ce seuil pourrait s'abaisser à 30ua). Ce périhélie minimal est une des caractéristiques qui définissent les objets épars.

Certains astronomes pensent que les objets épars ont appartenu à la ceinture de Kuiper, et s'y sont formés, puis ont été déplacés en dehors de celle-ci par des interactions gravitationnelles, particulièrement celles de Neptune. Des simulations sont en faveur de cette hypothèse.

Nota 3 : La ceinture de Kuiper pour certains astronomes ne comprend que les objets situés dans cette ceinture en excluant les objets épars, c'est le cas du Minor Planet Center qui catalogue officiellement tous les objets transneptuniens, et qui classe les objets épars en dehors d'elle. Pour d'autres astronomes, tout objet ayant appartenu à la ceinture de Kuiper est considéré toujours comme un cubewanos (KBO).



Utilisateur du diagramme ci-dessus : Eurocommuter. (GNU Free Documentation License).

Ce diagramme montre la distribution des objets connus de la ceinture de Kuiper.

Les objets en résonance avec Neptune sont en rouge. Les objets classiques en bleu.

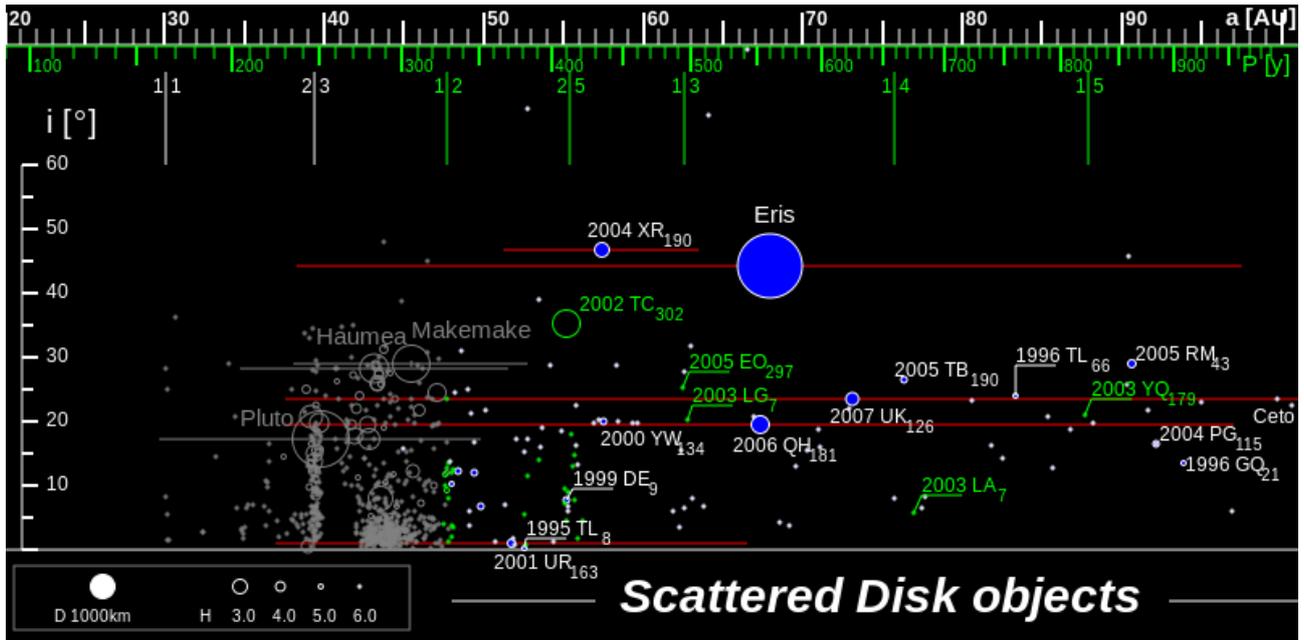
Les objets épars qui ne sont pas de la ceinture classique en gris.

Position du demi-grand axe de l'orbite de l'objet en unités astronomiques sur l'axe horizontal (en blanc), et de la période orbitale en rouge. Inclinaison de l'orbite en degrés sur l'axe vertical.

La taille relative d'un objet par rapport aux autres est représentée par un cercle pour les plus grands, pour les autres le point est proportionnel à la magnitude absolue de l'objet.

1:1 marque la position de Neptune, (valeur du demi-grand axe = 30,1ua).

2:3 marque la position de Pluton, (valeur du demi-grand axe = 39,445ua).



Auteur utilisateur du diagramme ci-dessus : Eurocommuter. (GNU Free Documentation License).

Le schéma représente les principaux objets dispersés (ou éparés) jusqu'à 100ua.

Position du demi-grand axe de l'orbite de l'objet en unités astronomiques sur l'axe horizontal. Inclinaison de l'orbite en degrés sur l'axe vertical.

La taille relative d'un objet par rapport aux autres est représentée par un cercle pour les plus grands, pour les autres le cercle est proportionnel à la magnitude absolue de l'objet.

L'excentricité de l'orbite est montrée par un segment qui s'étend de la gauche (périhélie) vers la droite (aphélie). Les principales résonances avec Neptune sont marquées par des barres verticales, sur l'échelle des périodes orbitales en vert.

Quelques objets éparés remarquables

Les valeurs données ne sont pas souvent connues avec une grande précision à cause de l'éloignement de l'objet.

(15874) 1996TL66 : L'un des premiers objets éparés découvert par l'équipe de David Levitt. Dimension de l'ordre de 500km, demi-grand axe = 84ua. Son orbite inclinée de 24° se situe entre 35ua et 133ua, qu'il parcourt en 769 ans.

(26375) 1999DE9 : Découvert par Jane Luu et S. Trujillo. Dimension = 500km environ, demi-grand axe = 56ua. Son orbite inclinée de 7,6° se situe entre 32,3ua et 79,6ua, qu'il parcourt en 498 ans.

(42301) 2001UR163 : Il est en résonance 4 :9 avec Neptune. Dimension = 636km environ, demi-grand axe = 51,5ua. Son orbite inclinée de 0,8° se situe entre 37ua et 66ua, qu'il parcourt en 369 ans.

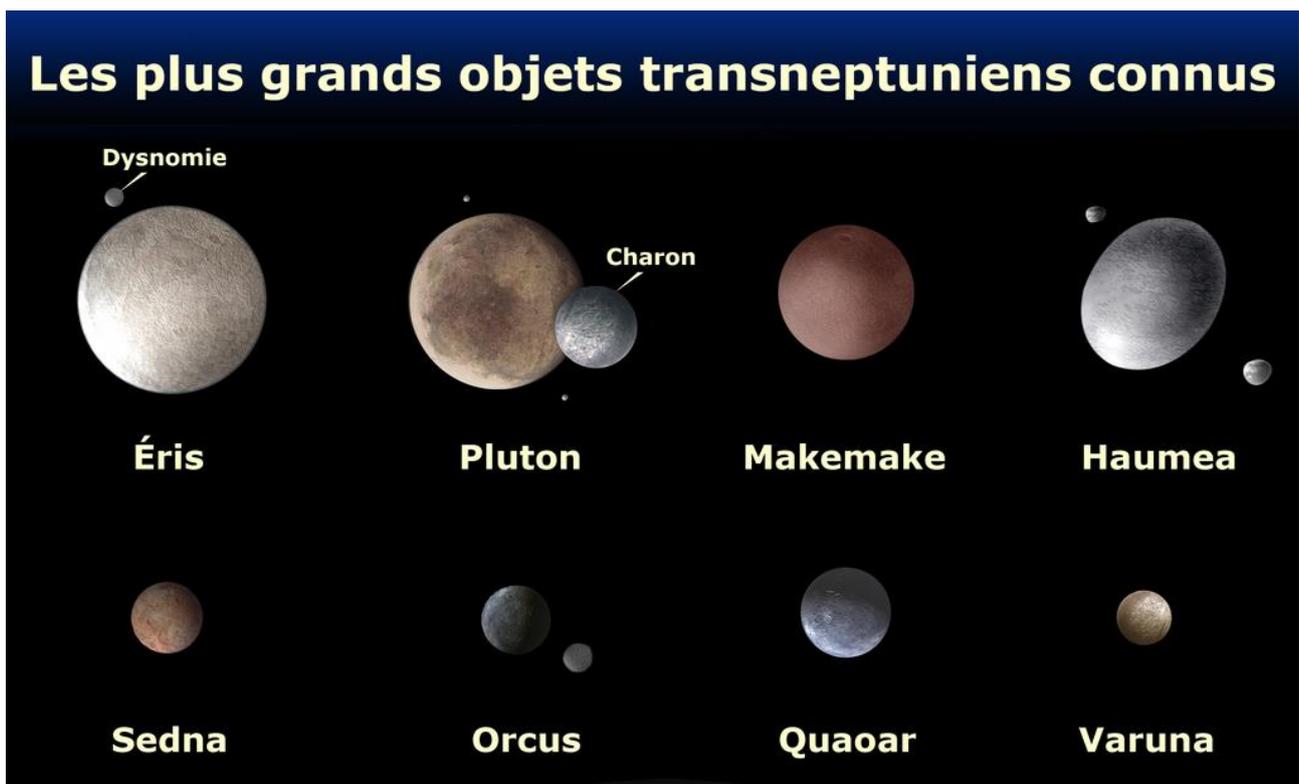
(65407) 2002RP120 : En 2013 il possédait la seconde plus grande excentricité (0,956). Il est rétrograde sur son orbite qu'il parcourt en 418,4 ans. Dimensions 10 à 20km, demi-grand axe = 56ua. Son orbite inclinée de 119,1° se situe entre 2,473ua (périhélie entre Mars et Jupiter) et 109,4ua. Il peut s'agir d'un objet éparés, mais aussi peut-être d'une comète éteinte venue du nuage d'Oort.

(148209) CR105 : Son orbite est fortement excentrique, en 2005 c'était l'objet qui s'éloignait le plus du Soleil après Sedna. Dimensions = 222x328km, demi-grand axe = 223,8ua. Son orbite inclinée de 22,7° se situe entre 44,25ua et 403,3ua, qu'il parcourt en 3350 ans environ.

2004XR190 : En décembre 2005, il était l'objet connu le plus incliné avec $46,7^\circ$. Dimension comprise entre 500 et 1000km. Le demi-grand axe vaut 57,4ua. Son orbite d'excentricité 0,111 est relativement circulaire et se situe entre 51ua et 63,8ua, parcourue en 435 ans.

(308933) 2006SQ372 : Son aphélie de 1460ua le met parmi les objets connus qui s'éloignent le plus du Soleil, alors que son périhélie est de 24,16ua pour une excentricité de son orbite de 0,967, laquelle est inclinée de $19,5^\circ$ sur l'écliptique. Cette orbite est parcourue en 20230 ans environ. Cet objet pourrait être une comète qui ne s'approche jamais assez du Soleil pour être active.

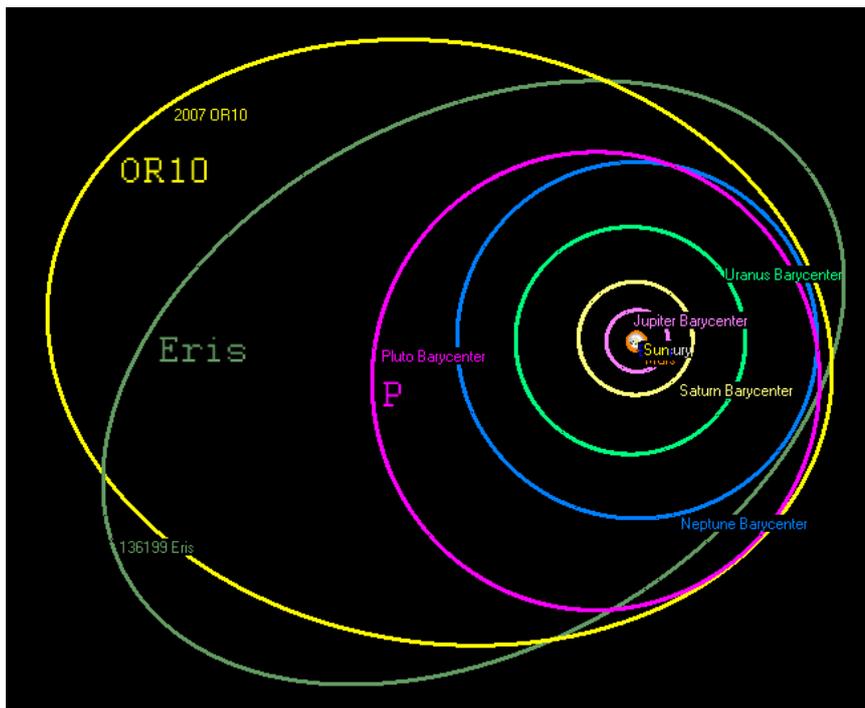
(90377) Sedna : Découvert le 14 novembre 2003 lorsqu'il était à environ 100ua du Soleil. Sa dimension est estimée lors de sa découverte à 1800km, avec des mesures plus précises en infrarouge en décembre 2014, elle fut de 995km. Avec un périhélie de 76,09ua qu'il atteindra vers 2075, et une aphélie de 972,7ua, Sedna est sur la plus grande partie de son orbite dont l'excentricité est de 0,855 et inclinée de $11,9^\circ$, l'un des objets connus du Système solaire le plus lointain après les comètes de grandes périodes. Sa surface est l'une des plus rouges connues dans le Système solaire, avec une température de 25k (- 248°C), elle est composée de 24% de tholins, 7% de carbone amorphe, 10% d'azote, 26% de méthanol et de 33% de méthane. Les caractéristiques de son orbite lui font une origine incertaine, bien que Sedna soit considéré par le Minor Planet Center comme un objet épars. Certains astronomes pensent que Sedna serait le premier objet connu du nuage d'Oort interne. D'autres pensent qu'il a été déplacé par le passage d'une étoile appartenant à l'amas originel du Soleil, ou capturé depuis un autre système planétaire qui serait passé près du notre.



Auteur : Lexicon (GNU Free Documentation License).

(136199) Eris : Plus grande planète naine connue actuellement dans le Système solaire, d'un diamètre de 2326km, 27% plus massif que Pluton. Actuellement elle est presque à son aphélie qui se trouve à 97,65ua, son périhélie de 37,91ua sera atteint dans 250ans. Eris parcourt en 558 ans une orbite de forte inclinaison (44°) et de forte excentricité (0,44), dont le demi-grand axe = 67,78ua. Sa surface grisâtre, est composée d'une couche de glace de méthane qui semble répartie uniformément. La température de surface varie entre 30 et 56K, soit (-243°C à -217°C). Sa densité de $2,52\text{g/cm}^3$, suggère un gros corps rocheux couvert d'un manteau de glace d'environ 100km d'épaisseur. La brillance d'Eris est très grande (95% de réflexion de la lumière du Soleil). Le plus vieux cliché de cette planète naine date du 3 septembre 1954, le deuxième cliché est du 21 octobre 2003 faite au Mont Palomar en Californie. La découverte ne sera annoncée que le 29 juillet 2005 après vérifications.

(225088) 2007OR10 : Sa dimension est estimée entre 875km et 1400km.



Découvert à 85ua du Soleil le 15 août 2007 par l'équipe du Caltech. Il suit une orbite ressemblant à celle d'Eris, laquelle à un demi-grand axe de 66,84ua avec une excentricité de 0,5 et une inclinaison de $30,9^\circ$. C'est un objet en résonance 3 :10 avec Neptune. Son périhélie est estimé à 100ua (dernier passage en 1856), son aphélie à 33ua, pour une période de 546 ans. Dans le classement de l'éloignement du Soleil des objets épars, il est actuellement en troisième position après Eris et Sedna.

Le schéma ci-dessus représente l'orbite 2007OR10 comparée à celle d'Eris.

Auteur : Kheider. Licence publique générale GNU.

Les Centaures

Nota 4 : Les centaures, sont considérés par le Minor Planet Center, comme des objets épars ayant migrés vers l'intérieur du Système solaire. Ce sont des objets dont le périhélie est au-delà de l'orbite de Jupiter et dont le demi-grand axe est à l'intérieur de l'orbite de Neptune. Lorsque leur aphélie dépasse l'orbite de Neptune, ils sont des transneptuniens intermittents.

Ce sont des astéroïdes glacés qui gravitent autour du Soleil entre Jupiter et Neptune. Ce sont souvent des objets de petites dimensions. Le plus grand connu (10199) Chariklo fait 302km.

Le premier centaure (944) Hidalgo fut découvert en 1920.

Le premier Centaure identifié comme tel, fut (2060) Charon en 1977.

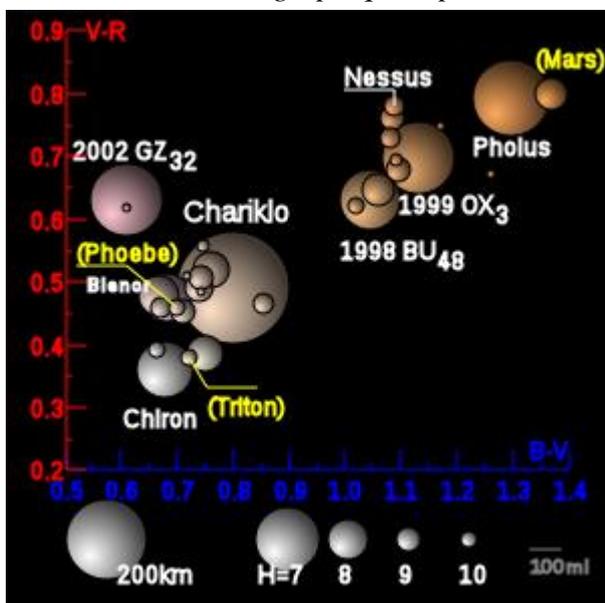
Les centaures n'ont pas d'orbites stables sur des centaines de milliers d'années, car ils ne sont pas en résonance avec une planète. Ces orbites représentent un état de transition entre la ceinture de Kuiper et les comètes à courte période. Ils sont peut-être des objets de la ceinture de Kuiper perturbés gravitationnellement et dont l'orbite a croisée celle de Neptune, pour se retrouver sur une orbite instable que chacun d'eux occupe actuellement.

L'orbite de chaque centaure est chaotique et évolue rapidement lorsque l'objet s'approche d'une planète géante. Si un centaure a une activité cométaire, il est aussi classifié comme comète, (exemple : 65/Chiron). Leur futur destin est soit une collision avec un autre corps du Système solaire (Soleil, planète, satellite...), ou une éjection du Système solaire.

Les centaures présentent une grande diversité de couleurs de surface, qu'il est possible de regrouper en deux groupes : Les centaures rougeâtres comme Pholus.

Les centaures bleuâtres (bleu gris ou neutre) comme Chiron.

Le graphique représente la distribution des couleurs des centaures.



Auteur : Eurocommuter. (GNU Free Documentation License).

Axe horizontal V-B : Index de couleur bleue, la différence dans l'amplitude entre un filtre visuel (vert-jaune) et un filtre bleu.

Axe vertical R-V : Index de la couleur rouge, différence dans l'amplitude entre le filtre rouge et le filtre visuel.

La couleur (légèrement améliorée) représente la teinte de l'objet.

Pour quelques grands objets le cercle représente la taille actuellement estimée.

Pour les autres objets, le diamètre représente la magnitude absolue.

Pour Phoebe, Triton, Mars (en jaune), le diamètre n'est pas à l'échelle.

(5145) Pholus : Découvert le 8 janvier 1991 à l'observatoire de Kitt Peak. Son orbite instable de demi-grand axe = 20,423ua, est très excentrique (0,574), avec un périhélie de 8,71ua, situé près de l'orbite de Saturne, tandis que son aphélie approche l'orbite de Pluton avec 32,132ua. On pense qu'il est un ancien objet de la ceinture de Kuiper. Pholus ne possède pas de queue cométaire, mais qu'il s'agirait cependant d'un noyau de comète qui n'a jamais été actif. Sa surface est très rouge, elle serait recouverte de molécules organiques, provenant de la transformation des glaces de sa surface exposées au rayonnement ultraviolet pendant des millions d'années en tholin. En 2002 sa dimension a été estimée à 190km. Il parcourt en 92,3 ans son orbite inclinée de 24,7° sur l'écliptique.

(10199) Chariklo : Découvert le 15 février 1997 par le programme Spacewatch, il était en 2005 le plus grand astéroïde connu avec environ 248km de dimension. Un système de deux anneaux orbitant autour de Chariklo a été découvert le 3 juin 2013, lors d'une occultation d'une étoile par cet astéroïde, qui a fait de lui une curiosité, car les astronomes pensaient qu'un objet de cette dimension ne pouvait pas posséder un système d'anneaux stable.

Le premier anneau de Chariklo a 7km de large pour un rayon de 396km, le second de 3km de large avec 405km de rayon. C'est le plus petit objet connu possédant des anneaux. L'orbite de Chariklo parcourue en 63,2ans, a un demi grand axe de 15,9ua, pour un périhélie de 13,08ua et un aphélie est de 18,66ua, son excentricité est de 0,176 et son inclinaison fait 23,37°.

(52872) Okyrhoe : C'est un centaure qui a une magnitude absolue de 10,8. Cependant lors de son approche et de son passage au périhélie, d'importantes variations de magnitudes ont été constatées, comme si l'objet subissait une sublimation partielle. Sa dimension est de 49km, et son orbite parcourue en 24,09 ans a un demi-grand axe de 8,34ua, son périhélie = 5,78ua, son aphélie = 10,9ua, l'inclinaison = 15,66° et l'excentricité = 0,306.

(55576) Amycus : Il serait presque en résonance 3 :2 avec Uranus et 3 :4 avec Neptune, (il ferait 3 révolutions pendant qu'Uranus en fait 2 et Neptune 4). Le demi-grand axe de son orbite est de 25,3ua, avec un périhélie de 15,16ua et un aphélie de 34,9ua pour une excentricité de 0,931 et une inclinaison de 13,55°, qu'il parcourt en 125 ans environ. Amycus a pour dimension 76,3km à 12km près.

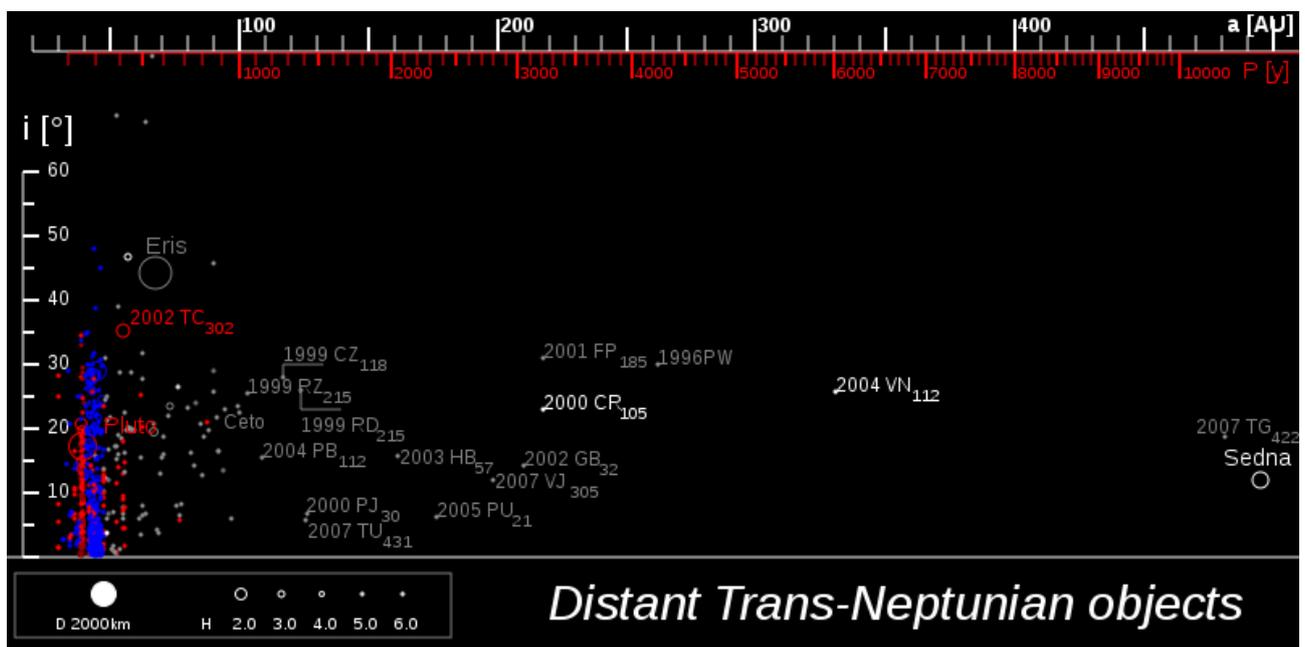
(60558) Echeclus ou **174P/Echeclus** : C'est un astéroïde cométaire dont la dimension = 84km, découvert par Spacewatch en 2000. En décembre 2005, une chevelure cométaire fut détectée, alors, comme Chiron il fut catalogué à la fois comme astéroïde et comme comète. Le 11 avril 2006 on observa qu'Echeclus entraînait un nuage de poussières, ce qui était peut-être dû à un impact ou à un dégazage explosif ? Son orbite parcourue en 34,93 ans a un demi-grand axe = 10,68ua, un périhélie = 5,81ua, un aphélie = 15,55ua, une excentricité = 0,456, une inclinaison = 4,343°.

OBJETS DETACHES

C'est un objet transneptunien du Système solaire dont le périhélie est au-delà de la ceinture de Kuiper pour qu'il ne puisse subir l'influence de Neptune. Ce périhélie doit donc être plus grand que 50ua.

En 2014, au moins neuf objets détachés ont été identifiés. Ceux-ci pouvant aussi appartenir au Nuage de Hills, tout dépend où se situe la frontière interne de ce nuage qui reste encore plus ou moins hypothétique.

Les objets dont le périhélie est plus grand que 50ua et dont le demi grand axe est compris entre 150 et 1500ua seraient appelés aussi "Sénoïde". Ils formeraient un sous-ensemble des objets détachés. Ce sont les découvreurs de 2012VP113 qui ont proposés cette nouvelle catégorie d'objets pouvant aussi appartenir au Nuage de Oort interne.



*Distribution et classification des objets transneptuniens lointains, au-delà de 100ua.
Auteur : Eurocommuter. Licence : Créative Commons.*

Axe horizontal : Demi-grand axe en unités astronomiques de l'objet, (en blanc).

Période orbitale de l'objet en années, (en rouge).

Axe vertical : Inclinaison de l'orbite de l'objet par rapport à l'écliptique en degrés.

Couleurs des objets : Bleu = cubewanos.

Rouge = objets résonnants avec Neptune, (Plutinos et autres objets résonnants).

Gris = objets épars.

Blanc = objets détachés, (ne subissant pas l'influence de Neptune).

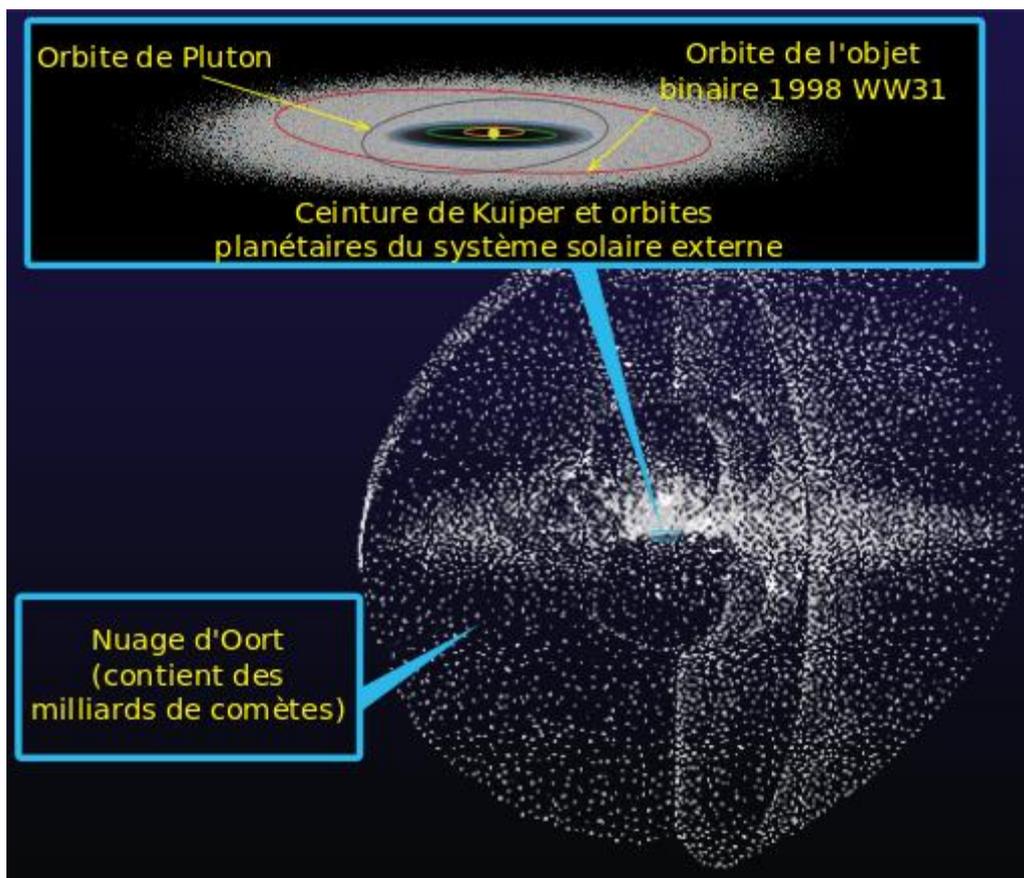
LE NUAGE D'OORT

Le nuage d'Oort connu seulement par certaines comètes à très longue période, occuperait un vaste espace à la limite du Système solaire, compris entre une limite interne qui se situerait entre 100 à 3000ua suivant les estimations, et une limite externe à 150000ua ?

Il serait composé de deux parties : un nuage d'Oort interne, ou Nuage de Hills en forme de tore et un nuage d'Oort externe sphérique, ce dernier ne serait peu relié au Soleil et soumis aux marées galactiques et aux étoiles proches.

Le nuage d'Oort serait composé du reliquat du disque protoplanétaire originel après la formation des planètes, il y a environ 4,5 milliards d'années. L'hypothèse de formation généralement acceptée, est que les objets formant le nuage d'Oort se seraient formés plus près du Soleil qu'à leur position actuelle. Au cours de la migration des planètes géantes gazeuses à leur position actuelle, ces objets auraient été éjectés sur des orbites elliptiques ou paraboliques extrêmement longues.

Le nuage d'Oort actuel n'aurait plus qu'une petite partie des objets qu'il contenait à l'origine, car les perturbations externes au Système solaire en a éjecté beaucoup, soit vers l'espace interstellaire, soit vers les planètes et le Soleil. Ces perturbations auraient aussi agi pour que le nuage externe soit presque sphérique, en rendant les orbites moins excentriques. L'hypothèse de la formation du Système solaire à l'intérieur d'un amas d'étoiles est compatible avec la structure externe supposée du nuage d'Oort.



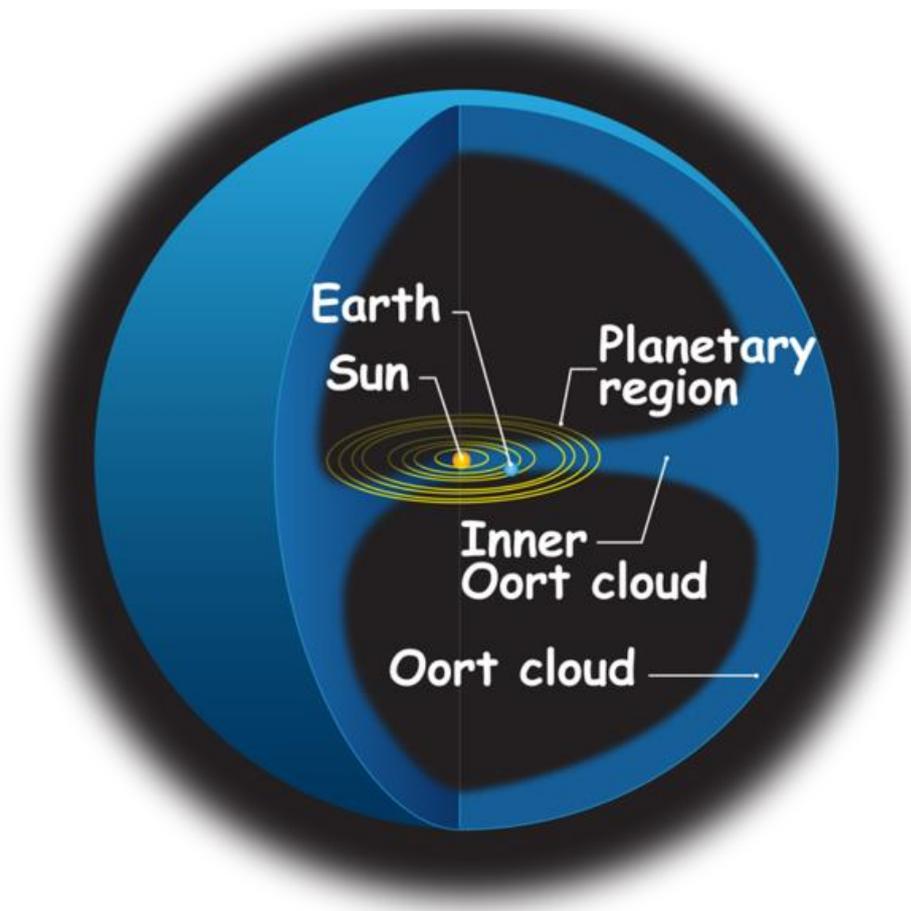
*Vue d'artiste de la ceinture de Kuiper et du Nuage d'Oort ou d'Öpik-Oort.
Auteur : NASA Licence : Créative Commons.*

Le Nuage de Hills ou Nuage interne d'Oort ou Nuage d'Oort fossile

C'est une vaste région dont la frontière interne serait située entre 100 et 3000ua du Soleil, et la frontière externe entre 20000 et 30000ua. Cet ensemble se situe donc bien au-delà des planètes géantes et de la ceinture de Kuiper. Sa forme serait un tore très épais, mais moins étendu de part et d'autre de l'écliptique que le Nuage d'Oort externe, qui lui est sphérique. Certains objets déjà catalogués comme Sedna ou 2012VP13 pourraient lui appartenir, car tout dépend où les astronomes situerons définitivement sa frontière interne.

La théorie du « nuage interne » a été proposée en 1981, par l'astronome J.G Hills du laboratoire de Los Alamos qui lui donnera son nom. Cette proposition suivait les recherches qu'il avait effectuées, sur les conséquences que pouvaient avoir l'influence des étoiles environnantes et les marées galactiques sur le Nuage d'Oort, lequel aurait dû être vidé de son contenu depuis 4500 millions d'années d'existence, avec l'expulsion des comètes vers le Système solaire interne ou à l'extérieur de celui-ci. Alors J.G Hills dirigea ses études sur la présence éventuelle d'un Nuage interne, plus massif et moins étendu, qui réapprovisionnerait le Nuage externe en comètes.

Dans les années suivantes d'autres astronomes reprirent ces recherches, qui se trouvèrent en concordance avec la théorie d'un nuage interne. En 1986, Bailey va faire des calculs, pour démontrer que la plupart des comètes à longue période proviennent d'un réservoir plus proche du Soleil que le Nuage d'Oort externe.



*Nuage d'Oort interne et externe. (Vue d'artiste sans échelle).
Auteur : NASA.gov (domaine public).*

Selon les estimations, la masse du Nuage de Hills serait d'environ 14 masses terrestres, dans le cas où la majorité des objets se situeraient à 10000ua du Soleil.

Si la composition des comètes connues était représentative de celles du Nuage de Hills, alors ces dernières se composeraient de glaces d'eau, de méthane, d'éthane, d'oxyde de carbone (CO), de cyanure d'hydrogène, avec des molécules organiques. D'ailleurs, les analyses du carbone et des rapports isotopiques de l'azote effectuées sur les comètes du Nuage de Hills et sur celles situées dans la zone jupitérienne, montrent peu de différences. Ce qui suggère qu'elles proviennent toutes du nuage protoplanétaire originel.

La découverte de l'objet 1996PW, montre que comme dans la ceinture de Kuiper, le nuage d'Oort interne peut posséder aussi des astéroïdes rocheux, dont certains sont peut-être couverts de glaces identiques à celles des comètes.

Pour certains scientifiques le Nuage de Hills serait né du passage d'une étoile à proximité du Soleil, dans les 800 premiers millions de son existence. Dans 1,4 millions d'années, Gliese 710 passera à proximité du système solaire avec comme conséquence peut-être une nouvelle perturbation des objets des deux Nuages d'Oort.

La découverte de 2012VP113 montre que trois réservoirs de comètes sont susceptible d'exister : la Ceinture de Kuiper, le Nuage de Hills, le Nuage d'Oort externe. Mais la Ceinture de Kuiper est soumise à l'influence de Neptune, le nuage d'Oort externe subi les forces de marée de la Galaxie, alors que le Nuage d'Hills ne semble avoir aucune force perturbatrice permanente.

Quelques objets du Nuage de Hills

(87269) 2000 OO67 : Découvert le 29 juillet 2000, c'est un objet très certainement cométaire avec une dimension comprise entre 38 et 86km. Il possède une grande excentricité (0,962), avec un périhélie de 21ua il croise l'orbite de Neptune, alors que son aphélie se situe à 1068ua du Soleil dépassant de peu l'aphélie de Sedna (1068ua). Sur la majorité de son orbite, Neptune n'a donc pas d'influence sur 2000 OO67. Son demi-grand axe est de 544ua. Son orbite parcourue en 12695 ans, est inclinée sur l'écliptique de 20° environ.

(308933) 2006SQ372 : Découvert le 25 septembre 2006, il a pour dimension entre 60 et 140km, ce qui en ferait peut-être une comète, qui ne dégaze jamais à cause de son éloignement. Avec un demi-grand axe de 742ua, pour un périhélie de 24,2ua situé entre Uranus et Neptune, et un aphélie de 1460ua, en fait l'objet connu en 2014, qui s'éloigne le plus du Soleil. Sa période de révolution est estimée à 20230 ans sur une orbite très excentrique (0,967), inclinée de 19,48° sur l'écliptique. Il est classé parmi les objets épars par le Minor Planet Center.

(90377) Sedna : *(Déjà citée page 10 comme objet épars).*

Découvert le 14 novembre 2003 lorsqu'il était à environ 100ua du Soleil. Sa dimension est estimée lors de sa découverte à 1800km, avec des mesures plus précises en infrarouge en décembre 2014, elle fut de 995km. Avec un périhélie de 76,09ua qu'il atteindra vers 2075, et une aphélie de 972,7ua, Sedna est sur la plus grande partie de son orbite dont l'excentricité est de 0,855 et inclinée de 11,9°, l'un des objets connus du Système solaire le plus lointain après les comètes de grandes périodes. Sa surface est l'une des plus rouges connues dans le Système solaire, avec une température de 25k (- 248°C), elle est composée de 24% de tholins, 7% de carbone amorphe, 10% d'azote, 26% de méthanol et de 33% de méthane. Les caractéristiques de son orbite lui font une origine incertaine, bien que Sedna soit considéré par le Minor Planet Center comme un objet épars. Certains astronomes pensent que Sedna serait le premier objet connu du nuage d'Oort interne. D'autres pensent qu'il a été déplacé par le passage d'une étoile appartenant à l'amas originel du Soleil, ou capturé depuis un autre système planétaire qui serait passé près du notre.

Quelques comètes provenant du Nuage de Hills :

Ce sont des comètes dont l'aphélie est comprise entre 1000 et 10000 ua, trop proche pour provenir du Nuage de Oort externe, mais trop éloignées pour appartenir à la Ceinture de Kuiper. Ce qui en fait des candidates pour le Nuage de Hills (ou Nuage d'Oort interne). Toutes ces comètes sont données comme non périodiques, car à cause de l'excentricité de leur orbite proche de 1, il n'est pas certain qu'elles réapparaissent.

C/2007 E2 (Lovejoy) : De couleur verdâtre, découverte dans l'hémisphère sud le 15 mars 2007 par l'astronome australien T. Lovejoy. Périhélie = 1,0931 ua le 27 mars 2007. Circule sur une orbite inclinée de $95,886^\circ$ sur l'écliptique dont l'excentricité est peu différente de 1.

C/1996 B2 (Hyakutake) : Découverte le 30 janvier 1996 par l'astronome amateur Yugi Hyakutake, elle fut visible à l'œil nu en 1996 dans l'hémisphère nord. Demi-grand axe = 1700 ua périhélie = 0,23 ua le 1^{er} mai 1996, aphélie = 3410 ua, inclinaison de l'orbite = $124,92^\circ$ avec une excentricité calculée très peu inférieure à 1, sa période est d'environ 70000 ans.



Image de la comète C/1996 B2 (Hyakutake) prise le 25 mars 1996. Le champ est d'environ $6,5^\circ \times 4,8^\circ$. Au premier plan en haut à droite, on peut remarquer le début de déconnexion de la queue ionisée de la comète. Les étoiles apparaissent sous la forme de petits traits, car la caméra a suivi pendant 10 minutes la comète pour prendre cette photo.

Auteurs : E.Kolmhofer, H.Raab ; Johannes-Kepler- Observatoire, Linz, Autriche.

C/2004Q2 (Machholz) : Découverte le 27 août 2004 par l'astronome amateur californien Donald Machholz. Visible à l'œil nu lors de son passage près de la Terre à 0,34ua le 5 janvier 2005 avec une magnitude maximale de 4,1 dans la constellation du Taureau. Demi-grand axe = 2394ua, périhélie = 1,205ua le 24 janvier 2005, aphélie = 4787ua, inclinaison de l'orbite sur l'écliptique = 38,589, période calculée = 117147 ans.

C/2006P1 (Mc Naught) : Découverte le 7 août 2006 en Australie par Robert Mc Naught. Périhélie = 0,17ua le 12 janvier 2007, elle devient visible à l'œil nu (magnitude = - 2), aphélie = 4100ua, demi-grand axe = 2050ua, inclinaison de l'orbite sur l'écliptique = 77,827°, sa période est d'environ 92600 ans.



Comète Mc Naught, vue depuis Swifts Creek en Australie.

Auteur : Fir 0002/Flagstaffotos (licence non commerciale : CC BY-NC).

C/1975V1 (West) : Découverte par l'astronome danois Richard West à l'observatoire de la Silla au Chili le 10 août 1975. Demi-grand axe = 6780ua, périhélie = 0,1966ua le 25 février 1976 (magnitude = - 3), visible à l'œil nu jusqu'à la mi-avril, aphélie = 13560ua, inclinaison de l'orbite = 43°, période estimée à 559000 ans.

1996PW : Découvert le 9 août 1996 à l'observatoire de l'île Maui à Hawaï. Son orbite excentrique est analogue à celle d'une comète à longue période, mais il n'y a eu aucun signe d'activité cométaire lors des observations de cet objet, provenant probablement du Nuage d'Oort interne ou externe. Sa dimension est estimée entre 8 et 15km. Son spectre est analogue à celui d'un astéroïde de type D ou d'un noyau cométaire. En conséquence il peut s'agir soit d'un objet rocheux ou d'une comète éteinte, ce qui tendrait à dire que cette région lointaine ne serait pas composée uniquement de comètes. Son demi-grand axe = 263,85ua, périhélie = 2,555ua, aphélie = 525,14ua, excentricité = 0,99, inclinaison sur l'écliptique de l'orbite = 30° environ, parcourue en 4290 ans.

Le Nuage d'Oort externe ou Nuage d'Öpik-Oort externe:

Aucune observation directe n'a été faite à ce jour du Nuage externe d'Oort. Les astronomes pensent que son existence serait avérée par l'analyse des orbites des comètes à très longues périodes.

Comme pour le Nuage de Hills, les objets du Nuage externe d'Oort seraient composés principalement de glaces d'eau, d'ammoniac, de méthane, d'éthane, de monoxyde de carbone, de cyanure d'hydrogène, en supposant que les comètes connues en sont représentatives. Mais il pourrait aussi contenir des objets rocheux recouvert ou non de glaces diverses comme 1996PW découvert en 1996, (*voir page 20*).

Le Nuage d'Oort externe pourrait contenir dix puissance quinze objets de plus de 1,3km chacun, distant de plusieurs dizaines de millions de kilomètres. Cependant les estimations de sa masse restent aléatoires, car les astronomes pensent qu'il est alimenté par le Nuage de Hills, lequel serait beaucoup plus massique, ce qui expliquerait son existence depuis sa création il y a environ entre 4 et 4,5 milliards d'années.

Le Nuage externe d'Oort ne serait que peu lié gravitationnellement au Système solaire, et par conséquent facilement perturbé par les forces de marée galactiques, ou par le passage d'une étoile à proximité. Si cette étoile possède aussi son propre Nuage d'Oort, les extrémités de ces deux nuages pourraient éventuellement s'interpénétrer, ce qui entrainerait des perturbations avec envois de comètes vers le Système solaire interne.

Comètes venant du Nuage d'Oort externe

C/1910A1 (Grande comète de janvier 1910) : Repérée à l'œil nu par un groupe de mineurs de la région du Transvaal en Afrique du Sud le 12 janvier 1910. Elle devient visible en Europe peu de jours après, avec une queue d'environ 40° et une magnitude maximale de -4 . Son périhélie = 0,1289ua le 17 janvier 1910, demi-grand axe = 25795ua, aphélie = 51600ua, excentricité = 0,9999, inclinaison de son orbite sur l'écliptique = $138,8^\circ$.



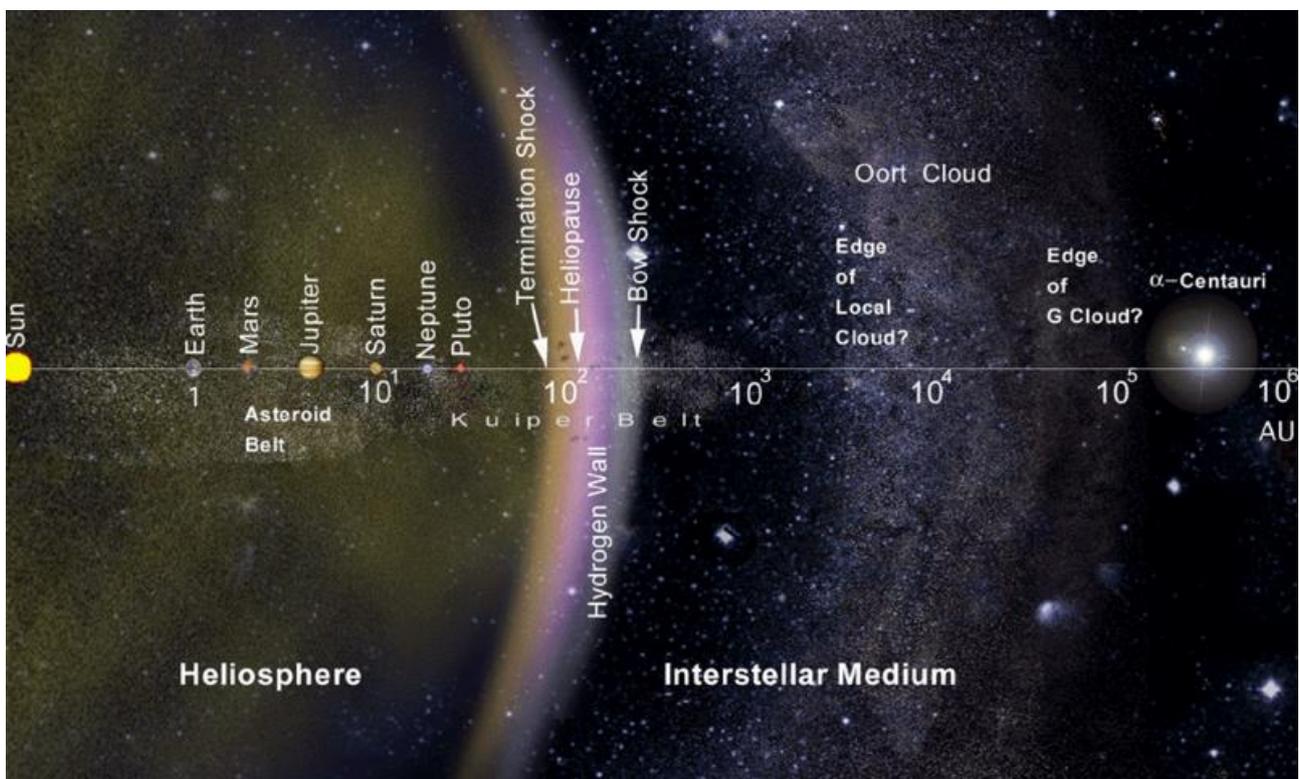
La Grande comète de janvier 1910, photographiée depuis l'observatoire Lowell situé à Flagstaff (Arizona, USA).

Auteur : Perceval Lowell (1855 – 1916).

Domaine public.

C/1992J1 (Spacewatch) : Découverte le 1er mai 1992 par David Rabinowitz. Ce fut le premier objet découvert par le projet de détection automatique Spacewatch de l'Université d'Arizona. Avec un demi-grand axe d'environ 77100ua soit 1,22al, qui se trouve en plein dans le Nuage externe d'Oort, mais du fait de son excentricité très voisine de 1, son périhélie n'est que de 3ua, franchi le 5 septembre 1993. Par l'application de la troisième loi de Kepler, sa période est de 21,4 millions d'années. L'inclinaison de son orbite est de $124,3^\circ$ sur l'écliptique.

Une comète telle que C/1992J1, durant son voyage de retour, va traverser la ceinture principale, puis les orbites des planètes géantes où elle sera soumise à leur influence, ensuite elle traversera successivement la ceinture de Kuiper, le Nuage de Hills et le Nuage d'Oort. Au cours de ce périple, nul ne peut dire ce que deviendra cette comète, retournera-t-elle vers le Soleil, restera-t-elle dans une des régions traversées, ou s'échappera-t-elle de toute influence pour poursuivre son voyage dans l'espace intersidéral. Car les astronomes considèrent comme physiquement impossible, que son orbite ne soit pas perturbée sur un si long parcours.



Source : JPL, NASA. Licence : Domaine public.

Le schéma ci-dessus représente le Système solaire et son plus proche voisinage galactique, avec une échelle logarithmique donnée en unités astronomiques (de 0 à 1 000 000ua).

Le Soleil et les planètes sont protégés par une bulle de vent solaire appelée *héliosphère*, qui est estimée à environ 100ua. La limite entre le vent solaire et le plasma interstellaire se nomme *l'héliopause*. Au-delà de cette bulle se trouve une région en grande partie inconnue qui appartient au milieu interstellaire. La ceinture de Kuiper se trouve un peu au-delà de l'orbite de Neptune jusqu'à 50ua, elle est la source des comètes à courte période. Les objets épars se situeraient alors sur les limites de l'héliosphère. Le bord interne du nuage d'Oort est censé d'être à plusieurs milliers d'unités astronomiques plus loin, s'étendant de moins de 10 000ua à environ 100 000ua, bien que certaines comètes provenant de ce nuage pourraient avoir des aphélie beaucoup plus éloignées. Alpha du Centaure, l'étoile la plus proche est éloignée d'environ 300 000ua du Soleil.

*Nota 6 : **L'unité astronomique** est la valeur moyenne de la distance de la Terre au Soleil. En août 1992, la 28^e assemblée générale de l'UAI à Pékin l'a définie comme valant 149 597 870 700 mètres, qui représente un parcours d'une durée réelle de 499 secondes (soit 8min 19s) à la vitesse de la lumière dans le vide. Cette valeur subit une augmentation séculaire d'environ 15m par siècle, mise en évidence par les astronomes russes Krasinsky et Brumberg. Ce phénomène est induit par les effets de marées qui ralentissent la rotation du Soleil, et éloignent en conséquence les planètes afin de conserver le moment cinétique total du système.*

Cependant, par vulgarisation on considère qu'une unité astronomique mesure environ 150 millions de kilomètres.

*Nota 7 : **L'année-lumière** est égale à la distance que parcourt la lumière dans le vide pendant une année julienne (soit 365,25 jours ou 31 557 600 secondes. La vitesse de la lumière dans le vide étant une constante fixée à 299 792 458 m/s, une année-lumière est égale à 9 460 730 472 580,8km soit environ 9460,73 milliards de kilomètres. Et par conséquent : 1al = 63241ua environ.*

Il faut noter qu'une autre valeur est également couramment utilisée soit 10 puissance 13 kilomètres ou dix mille milliards de kilomètres. Cette approximation a une différence de 5,4% avec la valeur réelle. Sachant toutefois que l'année-lumière est plutôt utilisée pour fixer des ordres de grandeurs ou des distances approximatives, ce qui rend l'écart peut significatif. Cette valeur approximative de l'année lumière équivaut à environ 67 000 unités astronomiques.

Nota 8 : Les astronomes.

Gérard Kuiper : 7 décembre 1905 à Harenkarspel aux Pays-Bas, 23 décembre 1973 à Mexico. Astronome néerlandais puis américain en 1937. Directeur des observatoires Yerkes et Mc Donald. Il découvre Miranda, satellite d'Uranus en 1948, et Néréide, satellite de Neptune en 1949. Il suggéra l'existence d'une ceinture d'Astéroïdes au-delà de l'orbite de Neptune. Il mit en évidence la présence de méthane dans l'atmosphère de Titan en 1944 et du dioxyde de carbone dans celle de Mars en 1947. Il découvrit par spectroscopie la présence de glace d'eau dans les calottes polaires de Mars et dans les anneaux de Saturne. Il a découvert des étoiles binaires particulières (KUI79). Des cratères d'impact porte son nom sur la Lune, Mars, Mercure, et un astéroïde (1776) Kuiper.

Ermst Öpik : 23 octobre 1893 à Kunda, 10 septembre 1985 à Bangor. Astronome et astrophysicien estonien qui a passé la dernière partie de sa carrière en Irlande du Nord. En 1922, il prédit correctement la fréquence des cratères d'impacts sur Mars. En 1932, il émet l'hypothèse que l'origine des comètes dans un nuage cométaire bien au-delà de l'orbite de Pluton. Il invente un appareil photographique pour l'étude des météores et travaille sur la constitution interne des étoiles. L'astéroïde de la ceinture principale (2099) Öpik, porte son nom.

Jan Hendrik Oort : 28 avril 1900 à Francker, 5 novembre 1992 à Wassenaar. Astronome néerlandais, directeur de l'observatoire de Leyde (1945-1970). Nombreuses recherches sur la Galaxie, (rotation différentielle, détermination de sa masse, mouvements des étoiles, et leur distribution, établissement de la structure spirale et durée de révolution). A partir de 1950, il établit qu'il existerait un réservoir de comètes entre 40 000 et 100 000ua du Soleil. Il fut président de l'UAI de 1958 à 1961. L'astéroïde de la ceinture principale (1691) Oort, porte son nom.

Jack Hills : Astronome américain du laboratoire de Los Alamos. Théoricien de la dynamique stellaire, il a travaillé sur le nuage d'Oort, dont la partie interne, le nuage de Hills a été nommé en son honneur.

*Nota 9 : Le **Minor Planet Center** ou **MPC** (littéralement « centre des planètes mineures »), est un organisme dépendant de la division III de l'UAI opérant depuis le Smithsonian Astrophysical Observatory, créé à l'Université de Cincinnati en 1947. Il a pour fonction de collecter les données d'observations concernant les petits corps du Système solaire, (astéroïdes, comètes et satellites naturels), de calculer leur orbite, de les désigner, et de dresser un catalogue de ces informations (MPCORB), pour le diffuser gratuitement.*

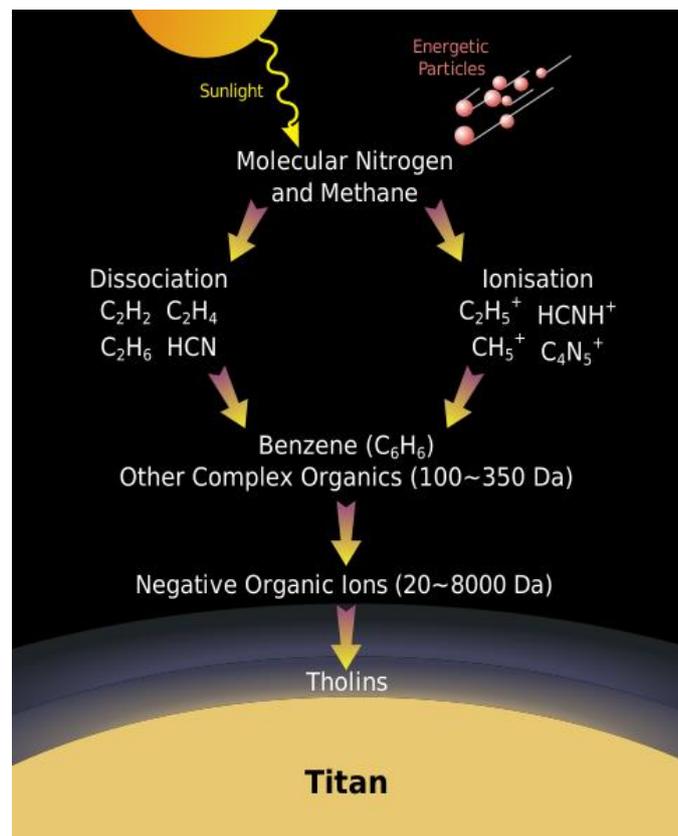
*Nota 10 : Le **tholin** ou la **tholine** du grec « encre de seiche », est une substance organique plus ou moins azotée de masse moléculaire élevée d'environ 8kDa. Le tholin est de couleur rouge brun avec une structure mal connue, qui se trouve à la surface de nombreux corps du Système solaire, comme Triton, Titan et les petits satellites glacés, sur les objets transneptuniens ainsi que sur les centaures, les astéroïdes et les comètes. Il est composé de molécule diverses. Les mécanismes exacts de formation du tholin ne sont pas connus, on sait seulement qu'il se forme sous l'action des rayons ultraviolets sur les composés organiques (hydrocarbures légers tel que le méthane CH₄, l'éthane C₂H₆, l'éthylène C₂H₄), en présence d'azote N₂ et/ou d'eau H₂O. Le tholin ne peut se former dans un milieu oxydant, et par conséquent on n'en trouve pas sur la Terre, par contre certaines bactéries du sol sont capable de métaboliser le tholin produit en laboratoire.*

Auteur schémas ci-contre :

Jet Propulsion Laboratory (NASA-JPL)

Vectorisation par Chris (Domaine public).

Le schéma présente l'un des mécanismes possibles de formation de tholin proposé en 2007 par des chercheurs de plusieurs universités, suite à l'identification de benzène C₆H₆ par la sonde Cassini-Huygens dans l'atmosphère de Titan.



*Nota 11 : Le **Dalton** symbole **Da** est égal à 1/12 de la masse d'un atome de carbone 12, il est avec une assez bonne précision égal à la masse d'un atome d'hydrogène, dont la valeur exacte est de 1,00794u (unité de masse atomique unifiée). Le **kilo dalton** symbole **kDa** est surtout utilisé en biologie et biochimie, du fait que les molécules étudiées contiennent de nombreux atomes.*

Auteur : F.G. (Mars 2015)