

# LES TRANSNEPTUNIENS 3

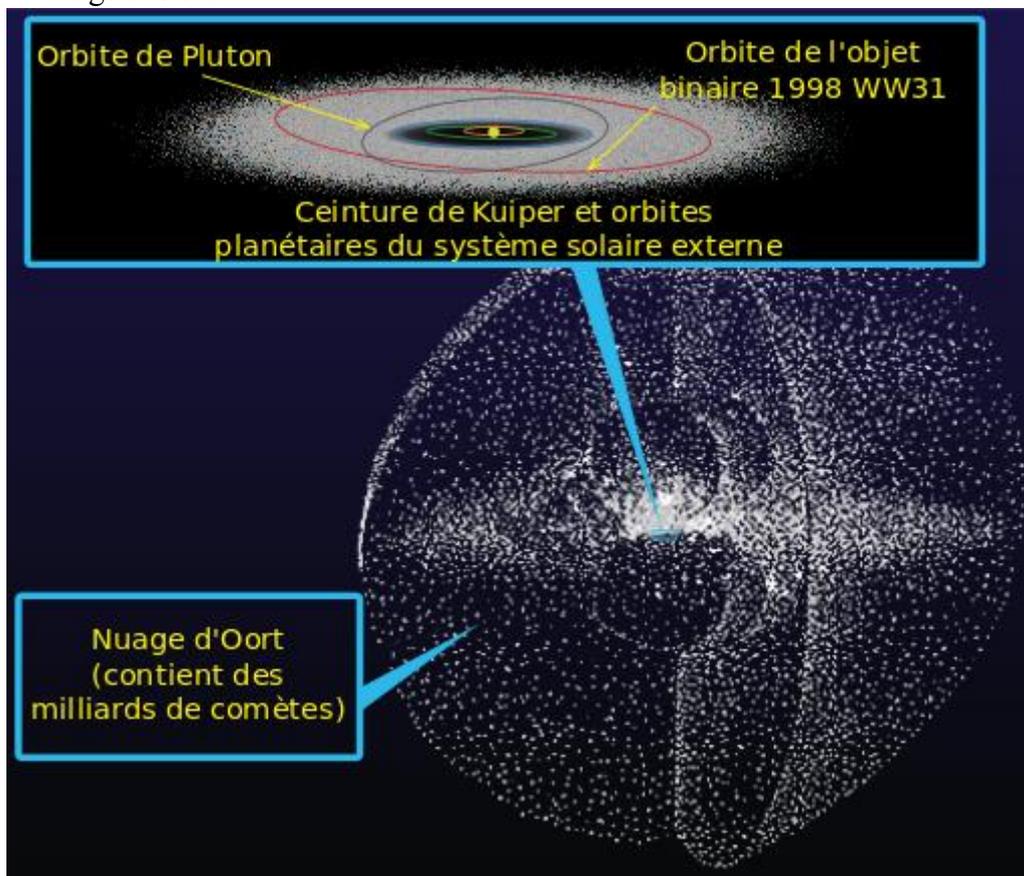
## LE NUAGE D'OORT

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*

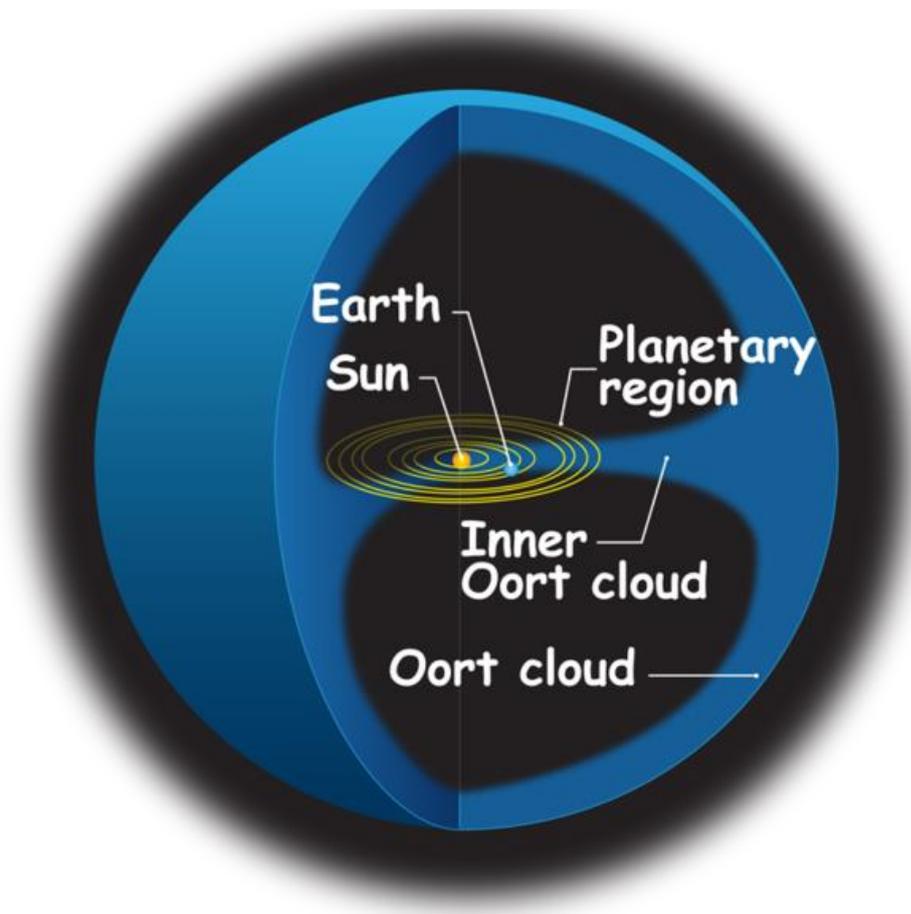
*Licence : Créative Commons.*

## 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 10000ua, 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 = 1,0931ua 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/1996B2 (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 = 1700ua périhélie = 0,23ua le 1<sup>er</sup> mai 1996, aphélie = 3410ua, 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/1996B2 (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  $40^\circ$  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 =  $138,8^\circ$ .



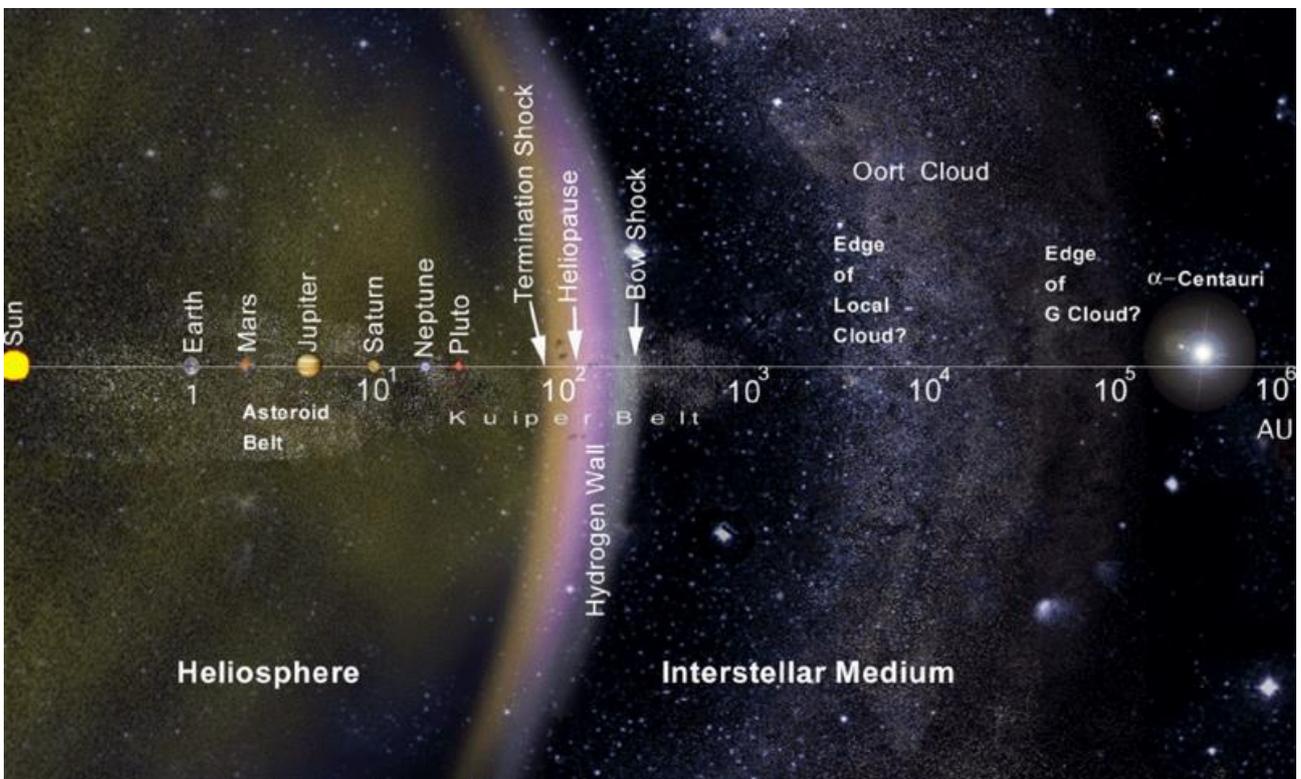
*La Grande comète de janvier 1910, photographiée depuis l'observatoire Lowell situé à Flagstaff (Arizona, USA).*

*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<sup>e</sup> 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.*

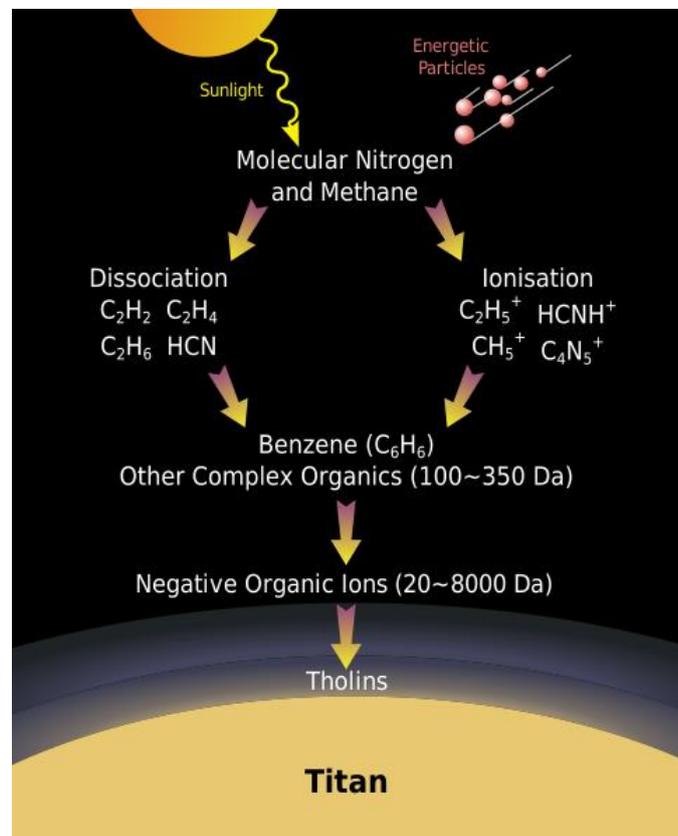
*Nota 10 : Le **tholin** ou la **tholine** du grec « encre de seiche », est une substance organique plus ou moins azotée de masse moléculaire élevée d'environ 8kDa. Le tholin est de couleur rouge brun avec une structure mal connue, qui se trouve à la surface de nombreux corps du Système solaire, comme 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 CH<sub>4</sub>, l'éthane C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, l'éthylène C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), en présence d'azote N<sub>2</sub> et/ou d'eau H<sub>2</sub>O. 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 C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 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)**