

Les petits corps du système solaire, ces inconnus discrets

Et leurs interactions avec les planètes et le Soleil

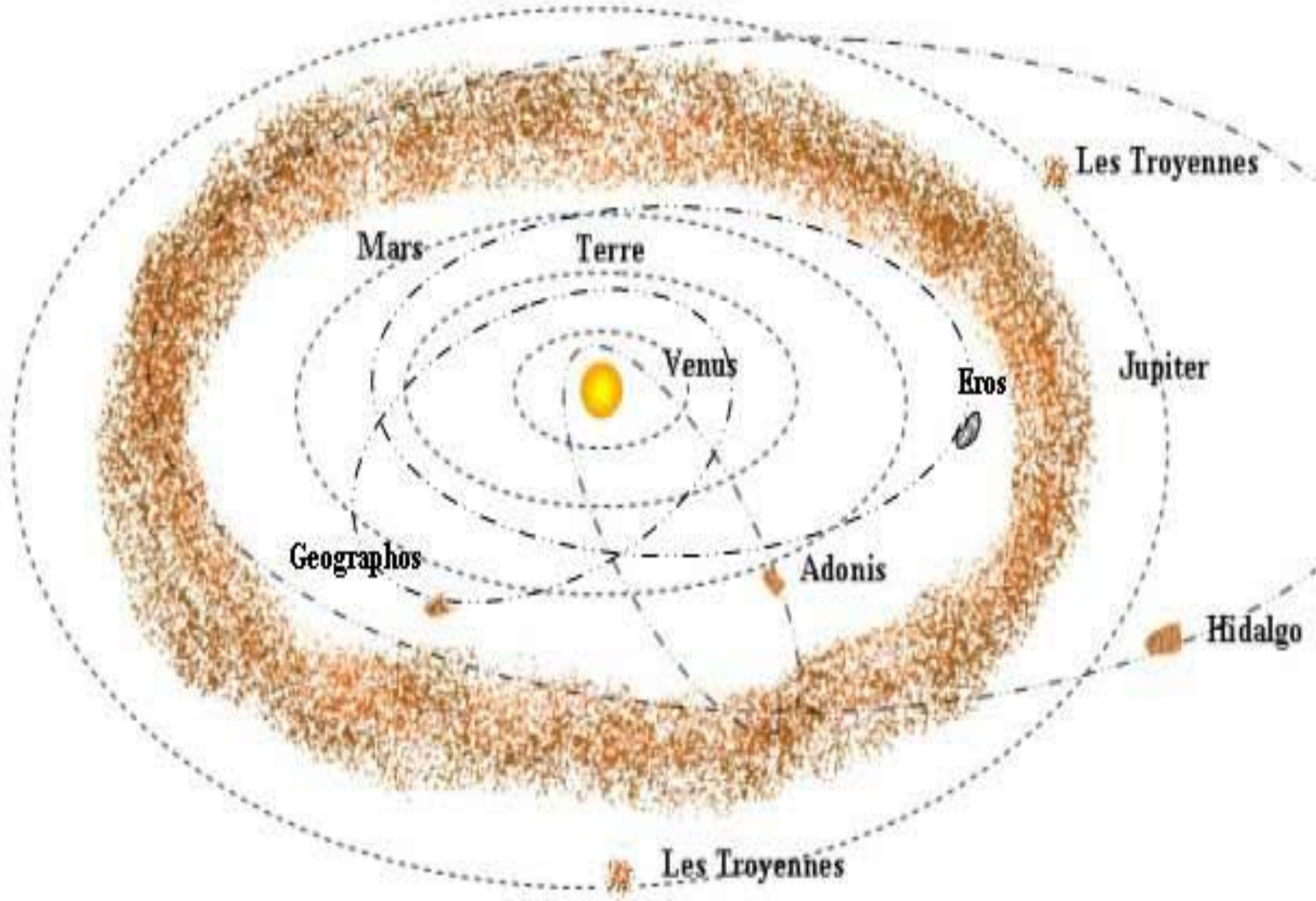


Page de commentaire sur la vue précédente

Pour la plupart de nos contemporains, le système solaire se réduit au Soleil et aux quelques planètes qu'ils connaissent plus éventuellement le Lune pour ceux qui y pensent.

Mais il s'agit de tout autre chose.

Le système Solaire



Page de commentaire sur la vue précédente

Voilà une vue synthétique du système solaire intérieur, jusqu'à l'orbite de Jupiter. Entre Mars et Jupiter il existe une foule de petits corps, probablement des centaines de millions et même des milliards en comptant les poussières.

La ceinture principale d'astéroïdes

- Située entre les orbites de Mars et de Jupiter
- S'étend de 1,7 UA à 4,5 UA
- Mal nommée «Principale» par méconnaissance de Kuiper à l'époque de sa découverte
- Contient plusieurs millions d'astéroïdes de la taille du grain de sable jusqu'à celle des planétoïdes de plusieurs centaines de km de diamètre.
- Masse totale de 4 % de celle de la Lune
- Contient une planète naine, Cérès
- Stabilité perturbée par les planètes (surtout Jupiter)

Vue à notre échelle la ceinture apparaît vide. Plusieurs centaines de millions de km séparent les astéroïdes les uns de autres. On estime qu'environ 2 millions font plus d'un km et l'on en connaît déjà >200 de plus de 100 km.

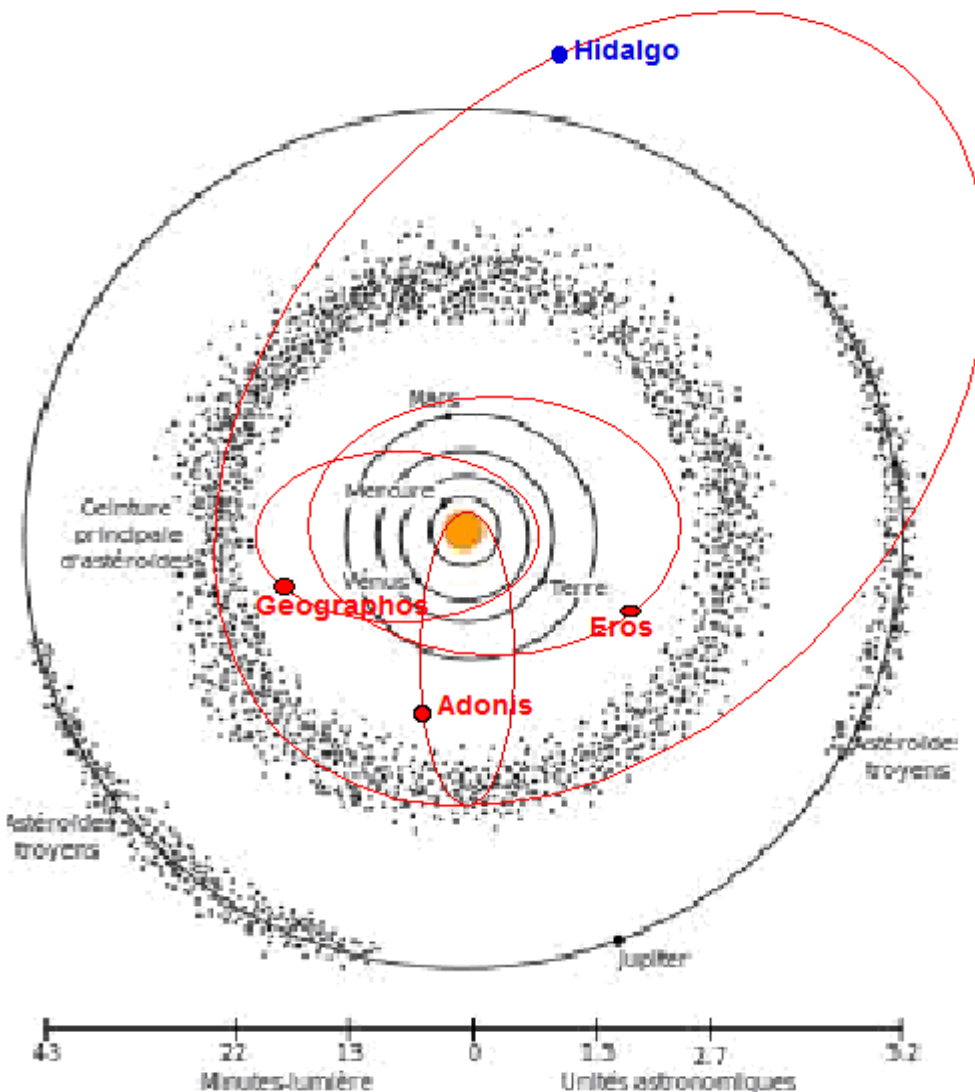
La traversée de la ceinture d'astéroïdes



Pioneer 10 et 11, Voyager 1, Voyager 2, Galileo, Cassini, NEAR, Ulysses et New Horizons l'ont traversée sans dommages. La probabilité d'une collision est estimée à 1 sur un milliard

Avant de lancer les premières sondes devant la traverser, la ceinture d'astéroïdes était un véritable motif d'inquiétude.

Les perturbations gravitationnelles



Le passage des planètes géantes (Jupiter, Neptune...) provoque des instabilités dans les orbites des astéroïdes (Ceinture principale et Kuiper) et des comètes (Kuiper et Oort).

Certains de ces corps prennent une orbite excentrée, d'autres sont capturés par les puits de gravitation de Lagrange et deviennent troyens.

Page de commentaire sur la vue précédente

La position des astéroïdes est difficile à connaître en permanence car les perturbations provoquées par les planètes, notamment Jupiter 75% de la masse planétaire à elle seule, bouscule en permanence l'orbite de ces petits corps

3 familles d'astéroïdes particuliers

Certains astéroïdes sont appelés géo-croiseurs

Ce sont des astéroïdes à risque pour la Terre

Ce sont ceux dont le périhélie est inférieur à 1,3 UA

D'autres prennent le nom de NEA (proches de la Terre)

Les Atens, demi grand axe de moins d'un UA

Les Apollons croisent l'orbite de la Terre sur une période supérieure à un an

Les Amors frôlent l'orbite de la Terre par l'extérieur

Et d'autres enfin EGA

Ce sont des frôleurs proches par l'intérieurs, dont le périhélie de l'orbite est proche d'un UA, voisin du plan de l'écliptique et d'un diamètre d'au moins 130m. Potentiellement dangereux on peut ne pas les voir arriver.

Tous peuvent devenir dangereux à la suite d'une perturbation

On a référencé aujourd'hui environ 300 de ces astéroïdes

Les risques ne sont pas négligeables et la prise de conscience est récente.

Les prochaines rencontres à risque

Apophis (325 m) s'approchera de la Terre en 2029 à une distance comprise entre 38.297 km et 38.326 km.

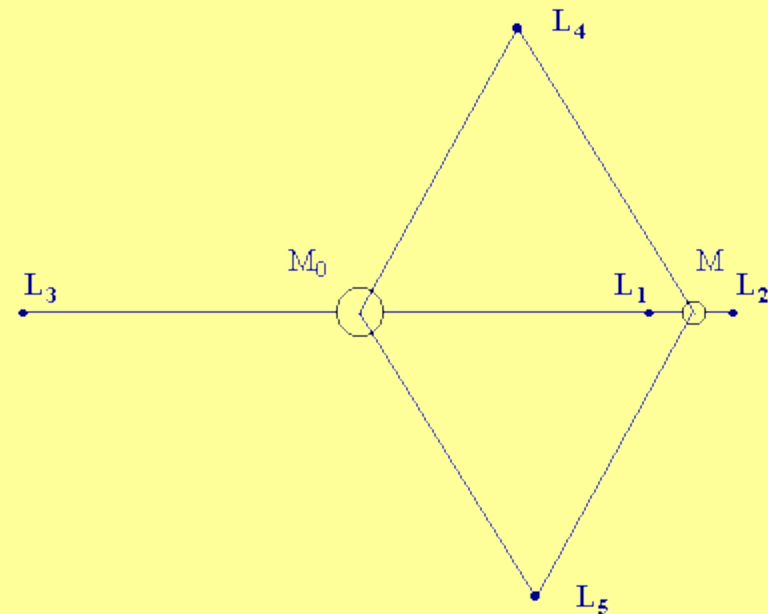
Mais entre temps 20 autres astéroïdes se seront approchés à des distances comprises entre 75.000 et 1 million et demi de km avec une précision très variable dans l'estimation.

Par exemple, 2013-GM3 dont l'approche estimée est de 74.798 km se situe dans une fourchette de 14.959 km à 1.481.018 km. Soit un rapport de 1 à 100

En 2029, à moins de 39000 km de la Terre, Apophis sera donc à peine plus éloigné que nos satellites géostationnaires qui orbitent à 36000 km d'altitude.

Les troyens

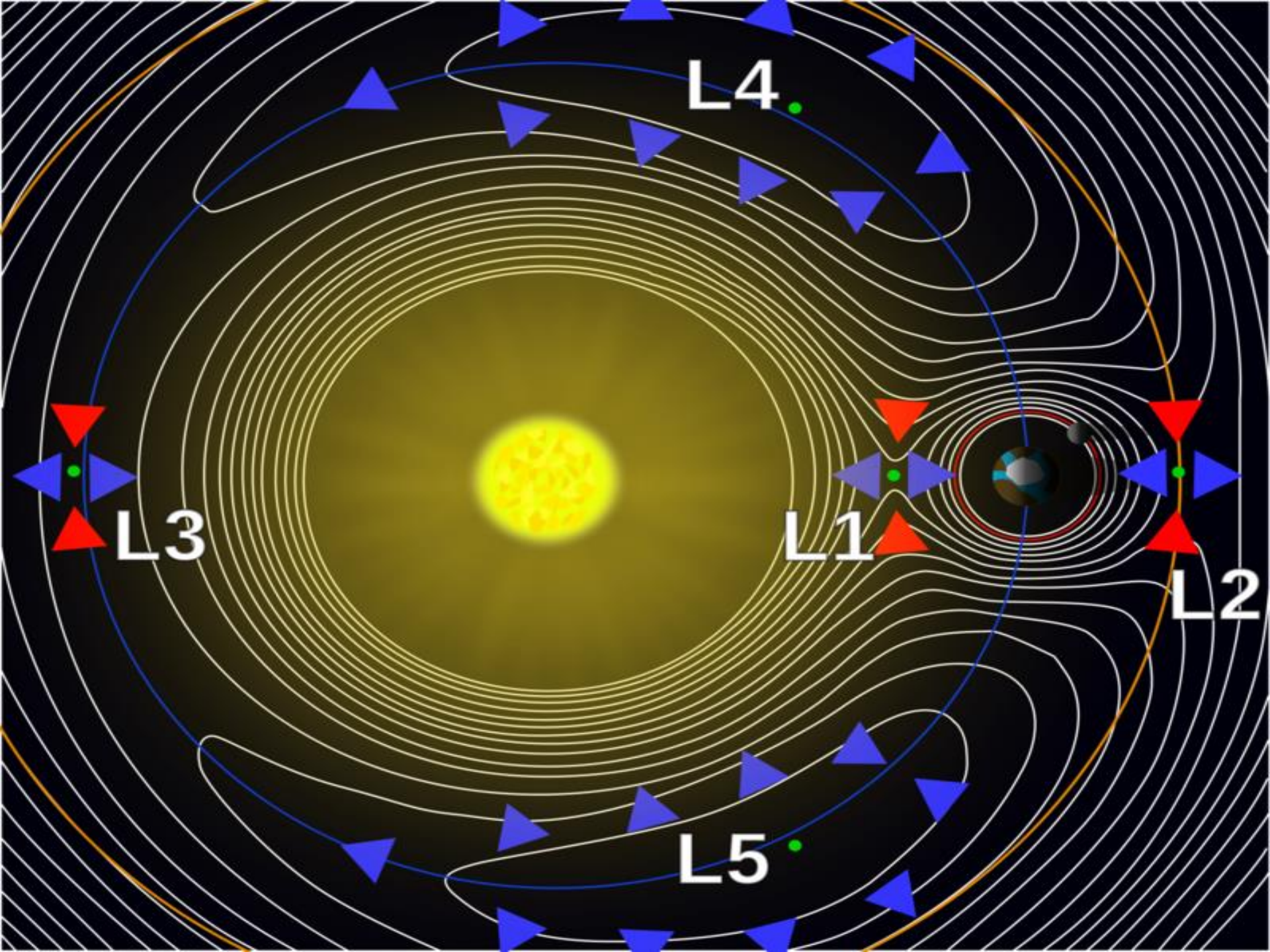
Les conditions d'équilibre gravitationnelles entre deux corps conduisent à créer des lieux particuliers depuis lesquels l'action gravitationnelle des deux corps s'annule. Ces lieux particuliers s'appellent points de Lagrange.



Notamment L_4 et L_5 qui sont très stables et sont des zones de capture d'astéroïdes. Jupiter possède plusieurs centaines de satellites troyens

Entre deux corps en orbite, il existe 5 points de Lagrange, notés L1 à L5.

**La Terre possède aussi un troyen,
2010 TK7 prisonnier de L4.**



Les points de Lagrange sont en réalité des cuvettes gravitationnelles plus ou moins longues et larges, notamment L4 et L5 qui sont les pièges à troyens.

2010 TK7

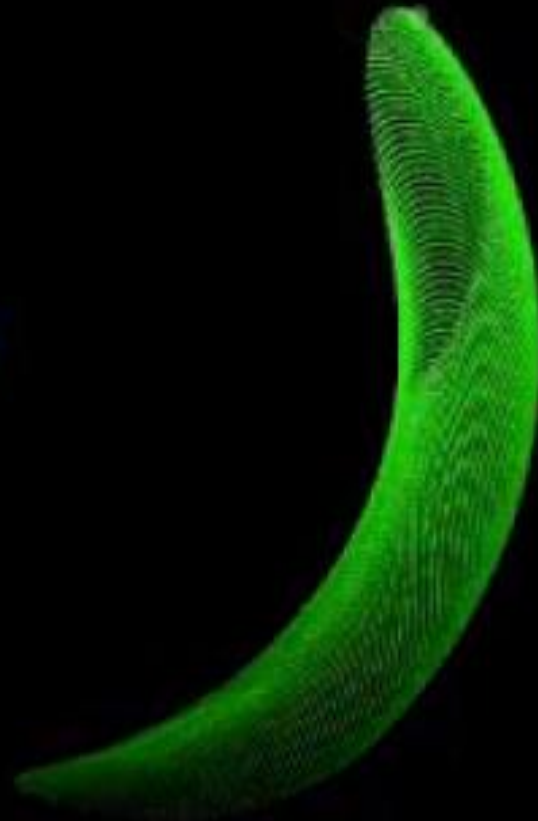
Ce troyen de la Terre reste confiné dans une cuvette gravitationnelle devançant la Terre dans son périple annuel autour du Soleil

Il s'agit d'un astéroïde de 300 m de diamètre dont l'histoire, mal connue, est sujette à des hypothèses contradictoires

**Voyons maintenant le
mouvement relatif de
2010 TK7 par rapport à
la Terre.**

Dans la cuvette L4 de la Terre

112.3 yr



Asteroid 2010 TK7

Athabasca University, the University of Western Ontario and the Canada-France-Hawaii Telescope.

Page de commentaire sur la vue précédente

Dans la présentation magistrale, la vue précédente est une vidéo montrant l'évolution de la situation de 2010 TK7 sur son orbite. Malheureusement le phénomène ne peut pas être reproduit sur une vue statique de PDF. L'image présentée est une vue ponctuelle sur laquelle la trace de l'orbite de 2010 TK7, en vert, reste rémanente, ce qui suggère son double déplacement, globalement par rapport au Soleil et localement par rapport à la Terre.

Sur la vidéo on pouvait voir :

Le Soleil est au centre, l'écoulement du temps en haut à gauche et le mouvement Terre et 2010 TK7 qui décrivent une orbite autour du Soleil, et 2010 TK7 une orbite dans cette orbite solaire devant la Terre. Le programme de simulation est en deux parties.

Pour la première, Terre et 2010 TK 7 se déplacent de concert.

Pour la seconde, la Terre est montrée immobile pour mieux voir le déplacement de 2010 TK7 par rapport à elle.

Des astéroïdes à satellites



Ida (56x24x21 km)

Dactyl (1,4 km)



Page de commentaire sur la vue précédente

Il n'y a pas que les planètes qui possèdent des satellites.

Ici l'astéroïde IDA (découvert en 1884 par Johann Palisa) et son satellite Dactyl découvert par la sonde Galiléo 110 ans plus tard.

Dactyl a été [photographié](#) le 28 août 1993. Elle se trouvait alors à 90 kilomètres d'Ida.

Les images ne furent envoyées sur Terre que début 1994, permettant alors pour la première fois de prouver directement l'existence de [lunes astéroïdales](#).

En avril 2015 on connaissait 225 lunes astéroïdales.

Les comètes

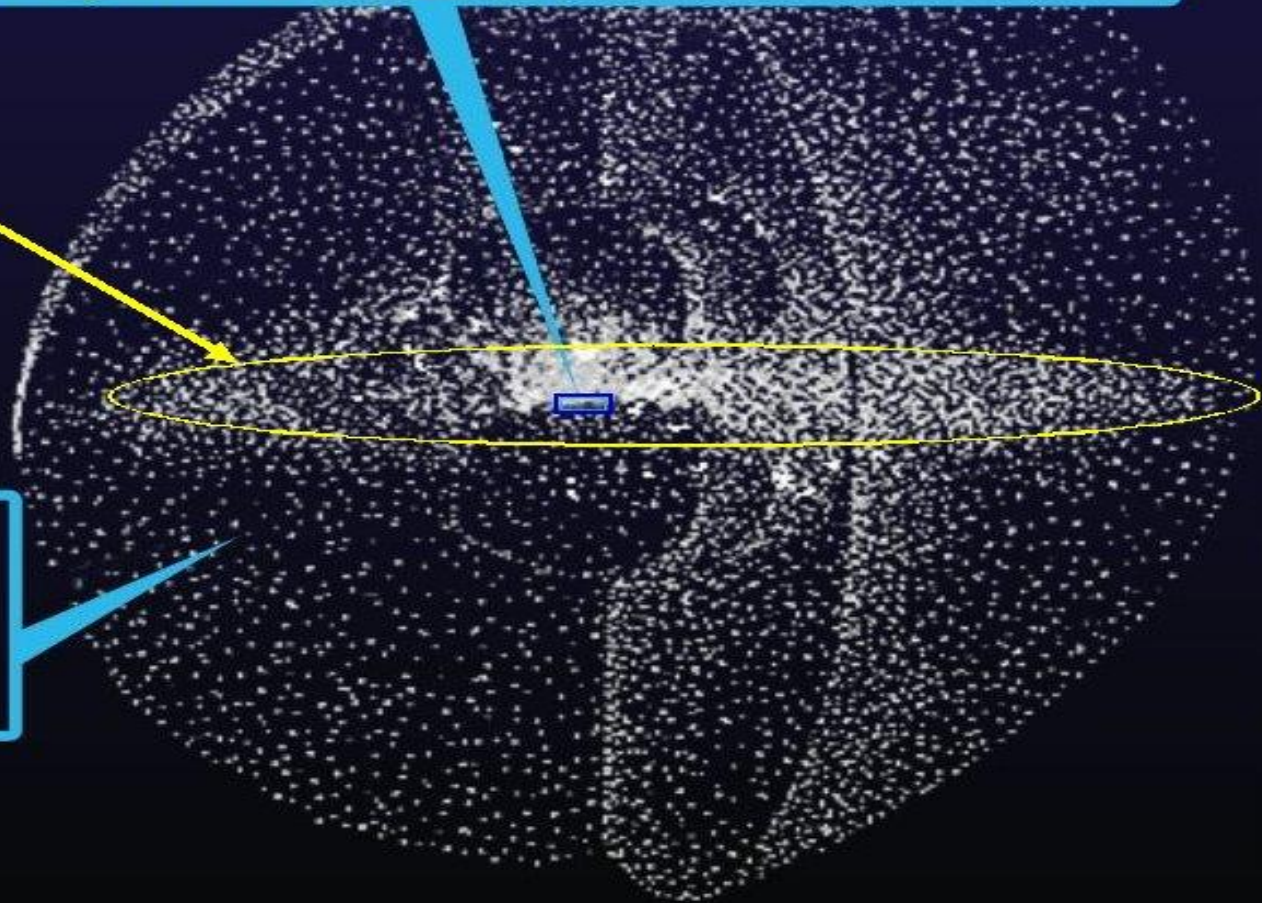
Orbite de Pluton

Orbite de l'objet
binaire 1998 WW31

Ceinture de Kuiper et orbites
planétaires du système solaire externe

Nuage de Hills

Nuage d'Oort
(contient des
milliards de comètes)



Page de commentaire sur la vue précédente

Il n'y a pas que la ceinture d'astéroïdes situées entre Mars et Jupiter qui abrite des astéroïdes, il y en a bien plus loin.

Au-delà de l'Orbite de Neptune, au-delà donc du système solaire externe, une zone appelée ceinture de Kuiper en contient plus encore et de bien plus gros, comme Pluton que l'on a pris longtemps pour une planète, et d'autres encore plus gros que Pluton.

Mais cette zone ne contient pas que des astéroïdes, elle est le berceau de la plupart des comètes qui nous rendent visite périodiquement.

Cette zone est enchâssée dans un énorme nuage de comètes qui encercle le système solaire comme le ferait une boîte sphérique.

Origine des comètes

Nous connaissons 3 origines pourvoyeuses de comètes

- La ceinture de Kuiper, un disque dans le plan équatorial du Soleil perturbée par le passage des géantes gazeuses. Distant de 30 à 55 UA.**
- Le nuage de Hills, un disque de forte densité cométaire dans le plan équatorial du Soleil, perturbé par le passage d'étoiles proches. Distant de 100 à 3000 UA**
- Le nuage de Oort, une sphère autour du Soleil alimentée par le nuage de Hills et perturbé également par le passage d'étoiles proches. Distant de 20000 à 30000 UA**

Page de commentaire sur la vue précédente

Le nuage de Oort borde la zone d'influence du Soleil.

Au-delà l'influence des autres étoiles y est égal.

Ce sont les perturbations provoquées par les mouvements des étoiles voisines du Soleil qui déstabiliseraient en permanence le nuage de Hills et alimenteraient le nuage de Oort.

La période des comètes

**On distingue les comètes par leur période,
la fréquence de leur apparition**

Les périodes courtes (< 20 ans) dites Jupitériennes

**Les comètes périodiques ($20 < P < 200$ ans) type Halley
dont l'aphélie est au-delà de Neptune.**

**Ces deux catégories de comètes orbitent dans des
plans voisins de l'écliptique, leur origine est Kuiper et
elles orbitent dans le même sens que les planètes.**

**Les apériodiques viennent des nuages de Hills et de
Oort, et de n'importe quelle direction, de plus la
moitié sont rétrogrades.**

La direction de la provenance des comètes et leur sens de rotation précisent leur origine.

Celles venant de Hills ou Oort ont des trajectoires hyperboliques et ne passent qu'une seule fois à proximité du Soleil.

Composition des comètes

Le noyau d'une comète, corps rocheux, est enveloppé de glaces mélangées à de la poussière, jamais sphérique, il mesure de quelques km à quelques dizaines de km dans sa plus grande dimension.



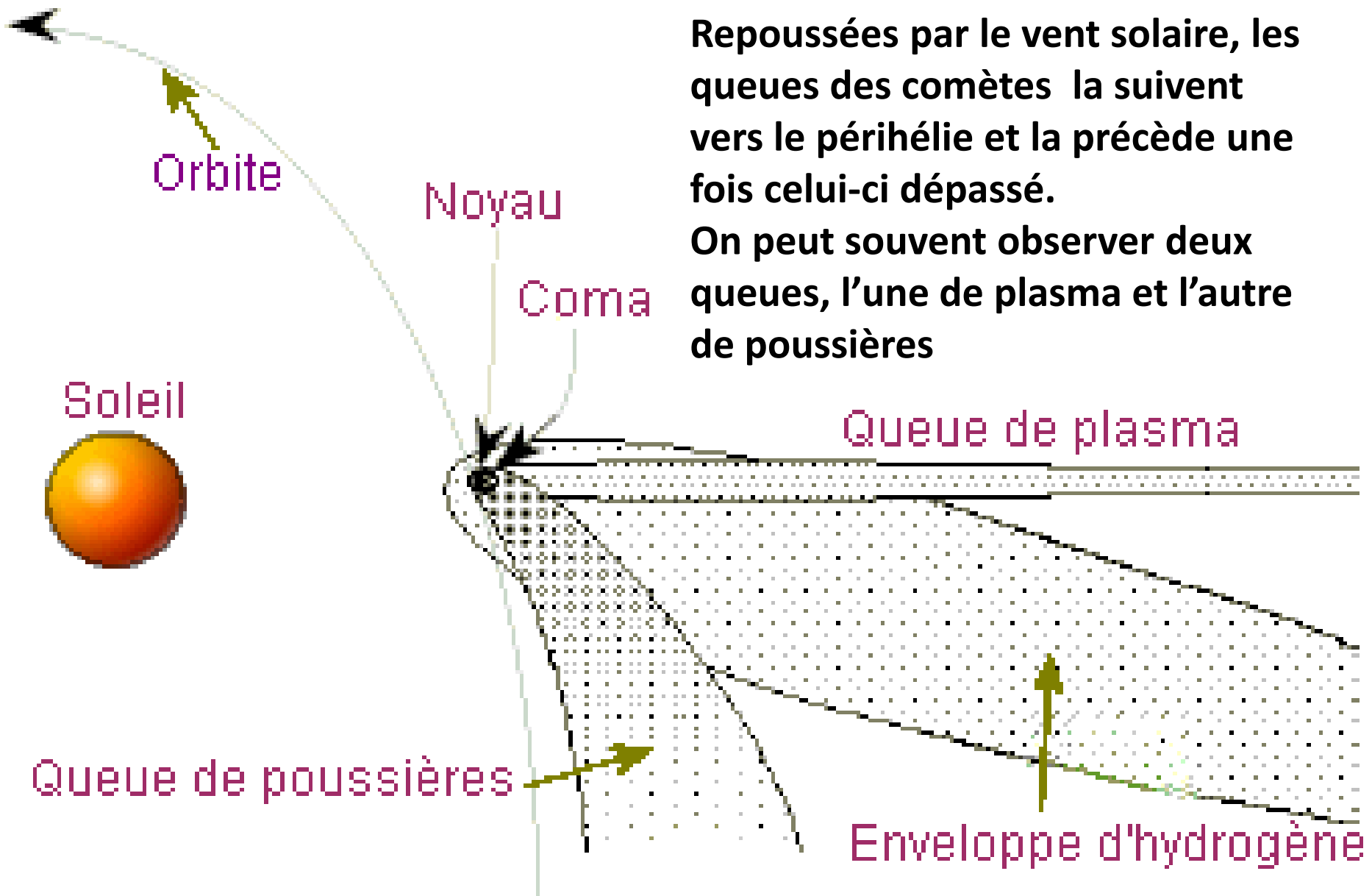
La comète
67P/Churyumov-
Gerasimenko
("Tchouri"),
photographiée
à 285 km de distance
par la sonde Rosetta

Page de commentaire sur la vue précédente

La plupart des comètes, il y en a entre 20 et 30 par an, sont peu actives et n'ont pas de queue.

Elles passent généralement inaperçues.

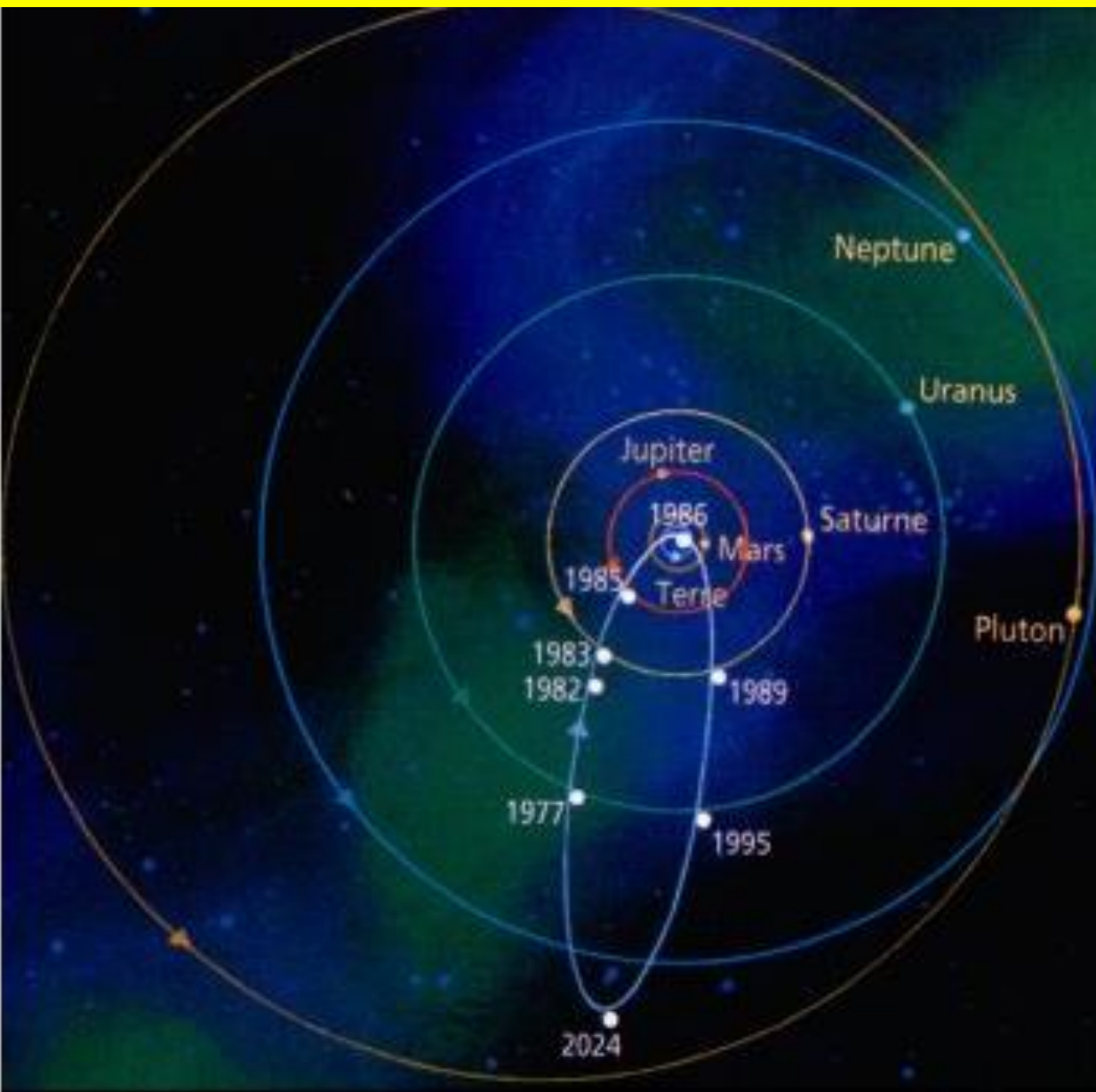
Les queues de comètes



Page de commentaire sur la vue précédente

Selon la nature de la glace des comètes qui fond à l'approche du périhélie, la queue devient visible lorsque la comète est plus ou moins éloignée du Soleil. L'eau ne se sublime qu'aux températures élevées, près du Soleil alors que le méthane, se sublime à de très basses températures.

La plus connue des comètes



La période de 76 ans donnée pour la comète de Halley est caractéristique de l'image simpliste de la constance du mouvement des astres. Les perturbations subies lors des passages à proximité des planètes géantes, notamment Jupiter, peuvent modifier profondément la durée d'une période.

Page de commentaire sur la vue précédente

La Période moyenne est de 76 ans (79 ans). Sa distance au [périhélie](#) est de 0,59 ua et sa distance à l'[aphélie](#) est de 35,3 UA, il s'agit d'une comète à courte période· vitesse au périhélie :

54,5 km·s⁻¹, vitesse à l'aphélie : 810 m·s⁻¹.

Elle est passée au périhélie en 1986 et est attendue pour 2061, ce qui fera 75 ans. Elle est actuellement au voisinage de l'orbite de Neptune

Elle met 38 ans pour passer du périhélie à l'aphélie et réciproquement mais sur une trajectoire non perturbée (lorsque les planètes géantes sont de l'autre côté du Soleil lors de son passage).

Lorsque l'une ou l'autre, ou plusieurs des planètes géantes se trouve dans les parages de la trajectoire de la comète au moment de son passage, les perturbations qu'elles provoquent peuvent faire varier sa période de plusieurs années.

Queues de comètes et étoiles filantes

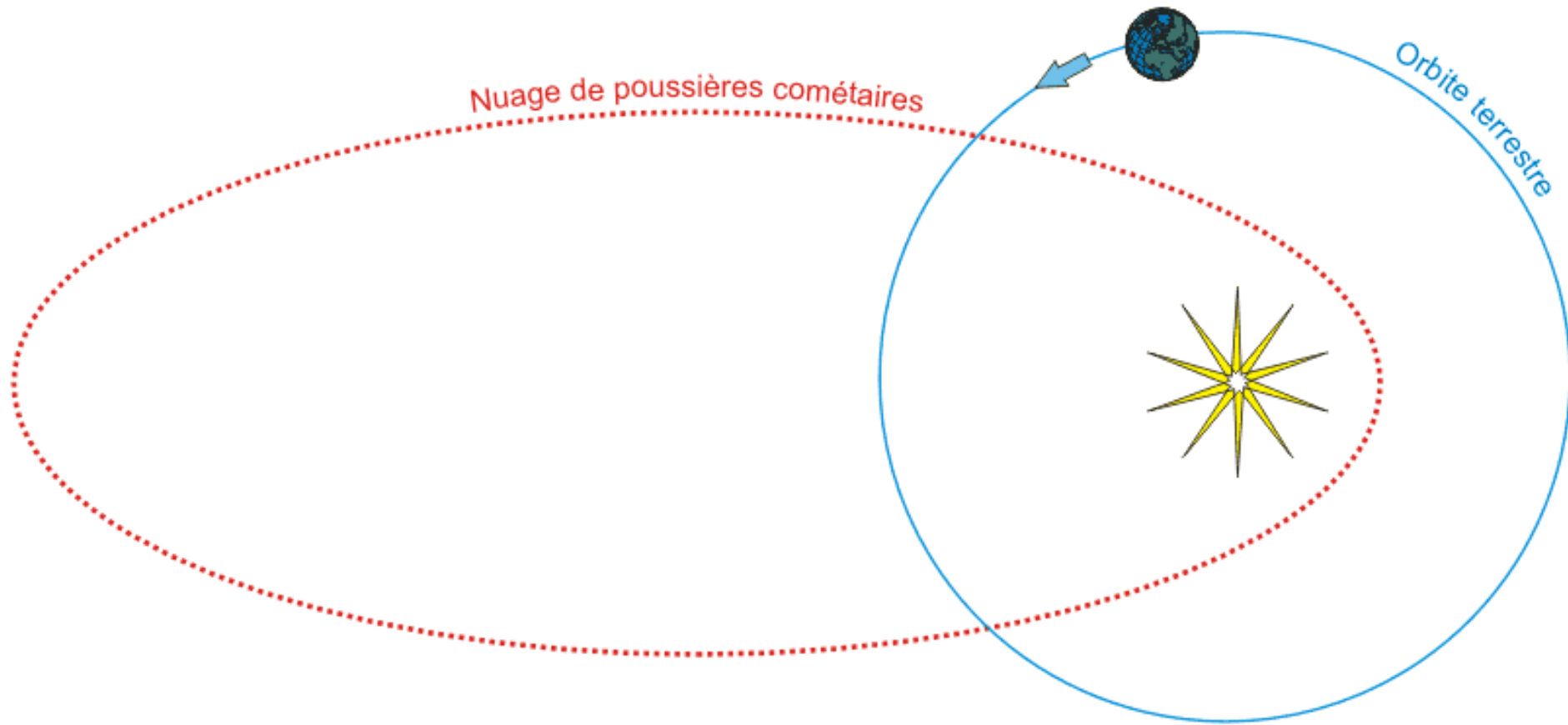


Page de commentaire sur la vue précédente

Les comètes et étoiles filantes sont apparentées les premières étant les parentes des secondes.

Les queues de comètes sont faites de gaz et de poussières qui étaient emprisonnées dans la glace de la comète. Libérées par la fonte de la glace à l'approche du Soleil, ces poussières se dispersent lentement dans l'espace interplanétaire et se situent quelquefois sur la trajectoire de la Terre. Juste après le passage d'une comète les poussières sont encore fortement regroupées et seront la cause de nombreuses étoiles filantes lorsque ces groupes poussiéreux rencontreront la Terre. Mais au fil des années ils se disperseront et à chaque passage de la Terre les étoiles filantes seront ne moins en moins nombreuses jusqu'au prochain passage de la comète.

Queues de comètes et étoiles filantes



Ce ne sont pas les étoiles filantes qui se jettent sur la Terre à travers son atmosphère, mais la Terre qui percute ces poussières à la vitesse de 118000 km/h les enflamment par la friction de notre atmosphère.

Page de commentaire sur la vue précédente

Juste après le passage de la comète, les étoiles filantes sont très nombreuses et les observations conformes aux prévisions mais d'années en années ces prévisions sont de moins en moins fiables et les étoiles filantes moins nombreuses.

Les poussières libérées par la comète et constituant sa queue restent au voisinage du lieu de leur libération ne se déplaçant que lentement poussées par le vent solaire. Leur emplacement précis est difficile à déterminer plusieurs années après le passage de la comète, ce qui explique de nombreuses déceptions dans les prévisions de pluies d'étoiles filantes.

**Nous avons fait le tour des
petits corps du système solaire**

Merci de votre attention

Y-a-t-il des questions ?