

Club d'astronomie ORION

Sanary sur mer

Astéroïdes et géocroiseurs

par Robert Sénémeaud

rsenemeaud@gmail.com

Sources d'astéroïdes et comètes

**Nuage de Oort interne,
source des comètes à
grandes périodes
(Haley)**

**plusieurs milliards
d'astéroïdes et comètes**

Ceinture de Kuiper

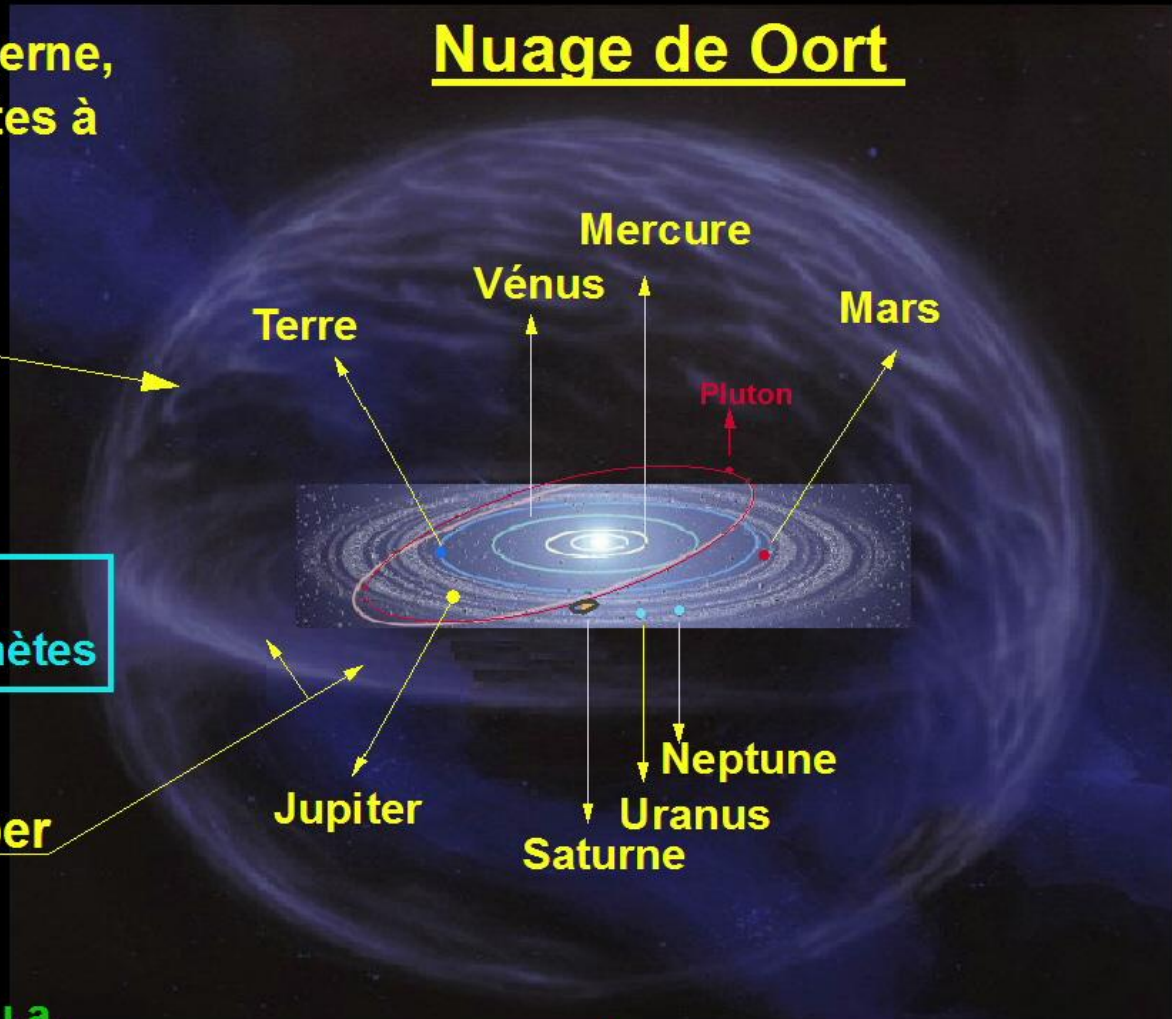
$$M_{\text{Oort}} \approx 3 M_{\text{Terre}}$$

$$D_{\text{ext}} \approx 2 \times 150\,000 \text{ u.a.}$$

$$D_{\text{int}} \approx 2 \times 50 \text{ u.a.}$$

$$\rho \approx 1350 \text{ protons / m}^3$$

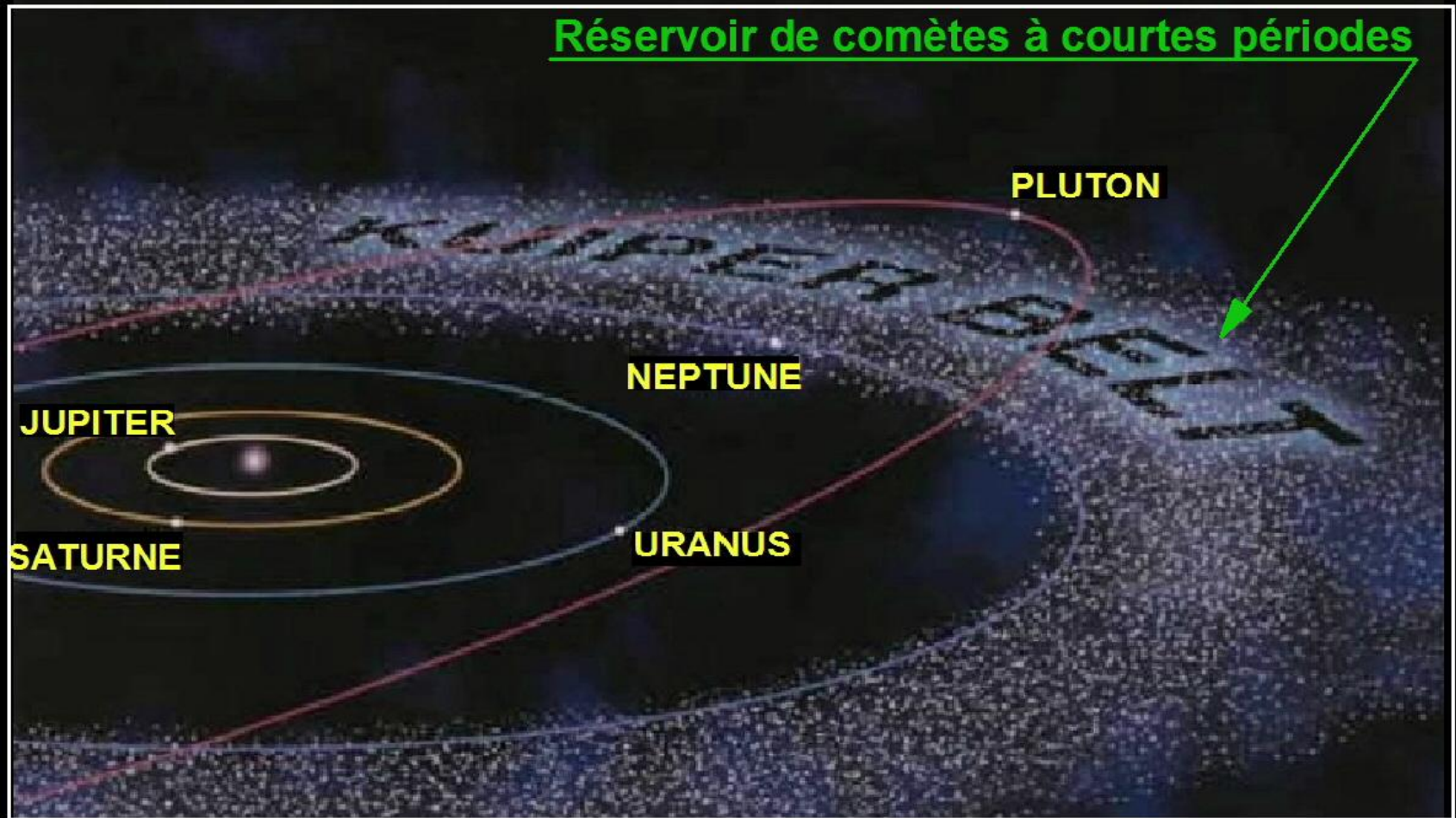
Nuage de Oort



Autre source d'Astéroïdes

Astéroïdes de la ceinture de Kuiper

Réservoir de comètes à courtes périodes



Astéroïde Vesta

Masse $2,7 \times 10^{20}$ kg

Masse volumique $(3\,700 \pm 300)$ kg/m³

Dimensions $(560 \times 544 \times 454)$ km

distance au Soleil = 2.35 UA



Astéroïde sur lequel s'est posé la sonde Dawn de la NASA en 2012

Eros



Dimensions 33×13×13 km

Masse $7,2 \times 10^{15}$ kg

Masse volumique 2 400 kg/m³

Caractéristiques orbitales

Demi-grand axe (1,458 ua)

Aphélie (1,783 ua)

Périhélie (1,133 ua)

Période de révolution 643,219 j

Vitesse orbitale moyenne 24,36 km/s

La comète Hale-Bopp en 1997.



Quand une comète croise l'orbite terrestre elle devient un géocroiseur.

Elle est constituée essentiellement d'un noyau de glace mélangée à des poussières métalliques, des gaz occlus dans la glace.

Approchant du Soleil, sa surface se réchauffe et dégaze du CO_2 , CH_4 , CO , de la vapeur d'eau, le tout entraînant des poussières solides.

Ce dégazage s'ionise au contact des particules du vent solaire pour former une chevelure qui s'étale sur plusieurs millions de km.

Longueur de la queue :
100 millions de km

la comète Hale-Bopp [2]

noyau : patatoïde, approximativement 60 km de diamètre 75 à 80% d'eau

vol : $\approx 2 \cdot 10^{13} \text{ m}^3$ masse $\approx 1.3 \cdot 10^{16} \text{ kg}$ densité $\rho \approx 600 \text{ kg / m}^3$

Composition chimique (source ESO)

H₂O, OH, H₂O⁺, H₃O⁺, CO, CO₂, CO⁺, HCO⁺, H₂S, SO, SO₂, H₂CS, OCS, CS, CH₃OH, H₂CO, HCOOH, CH₃OCHO, HCN, CH₃CN, HNC, HC₃N, HNCO, CN, NH₃, NH₂, NH₂CHO, NH, CH₄, C₂H₂, C₂H₆, CH⁺, C₃, C₂, He, Na, K, O⁺, Mg₂SiO₄

ainsi que les isotopes suivants :

HDO, DCN, H¹³CN, HC¹⁵N, C³⁴S

La plupart des composés organiques de Hale-Bopp ont déjà été identifiés dans les denses nuages moléculaires interstellaires, ce qui renforce le lien entre la matière cométaire et la matière interstellaire, lien mis en évidence lors de l'exploration de la comète de Halley en 1986.

la comète Hale-Bopp 3

Le taux de production de poussière de la comète est très élevé $\approx 2 \times 10^6$ kg/s au périhélie de la trajectoire cométaire.

Elle contient une queue supplémentaire constituée de sodium.

Comme pour beaucoup de comètes, la glace d'eau qu'elle sublime au voisinage du Soleil, contient une quantité relative d'eau lourde très supérieure à celle rencontrée sur Terre.

Ce qui permet de conclure que l'eau sur Terre n'est que partiellement originaire des comètes.

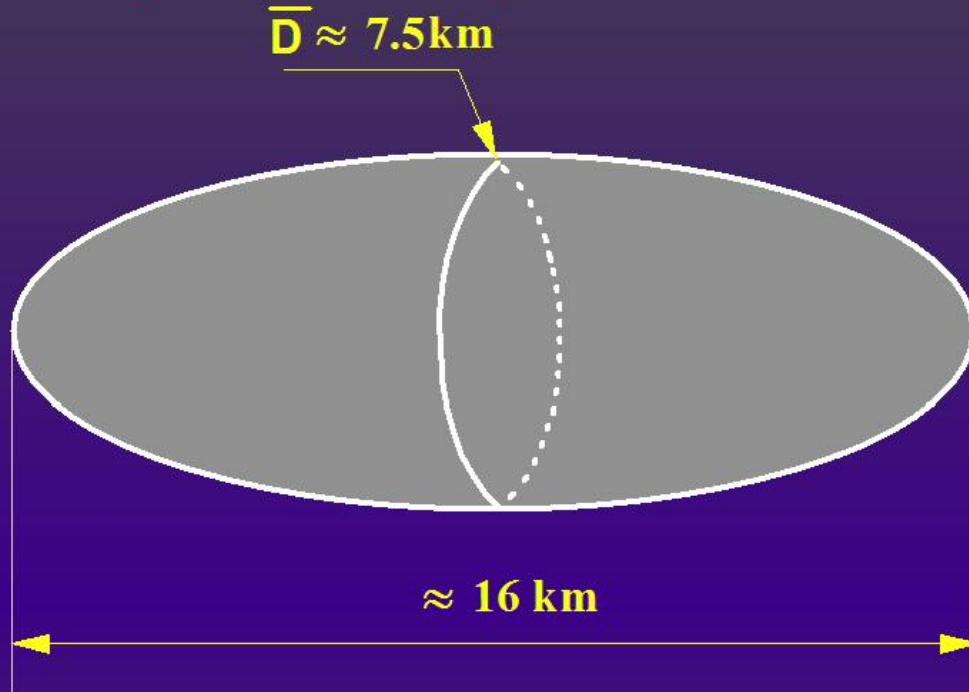
Ce qui fait dire aux astrophysiciens que la glace de la comète est issue des nuages interstellaires.

Par ailleurs elle contient les gaz rares He, Ar, Kr, Ne en phase liquide piégés dans la glace et désorbés lors de sa sublimation. Ceci permet de penser que son noyau a une température inférieure à 30 K.

la comète de Halley

noyau constitué de "neige sale"

Composition chimique similaire à celle de Hale Bopp.

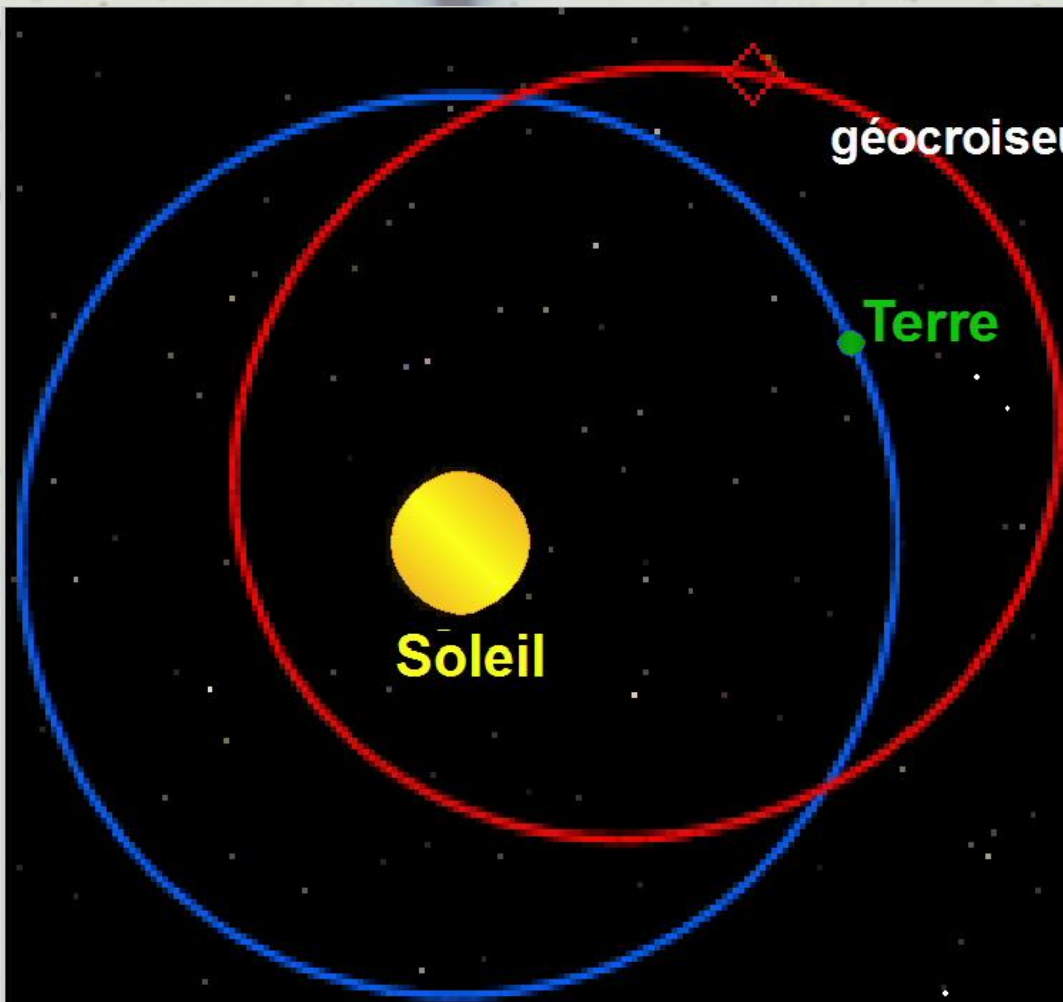


masse évaluée ≈ 100 milliards de tonnes

$\rho \approx 200 \text{ kg / m}^3$

Il contient de la glace et de la poussière en quantités égales. Environ 80 % de la glace est de l'eau glacée, et le monoxyde de carbone gelé constitue 15 %. Une grande partie du reste est formée de dioxyde de carbone, de méthane et d'ammoniac gelés.

La sonde Giotto, de l'Agence spatiale européenne, est passée à 600 km du noyau de la comète de Halley le 14 mars 1986.



géocroiseur Cruithne

diam : 5 km

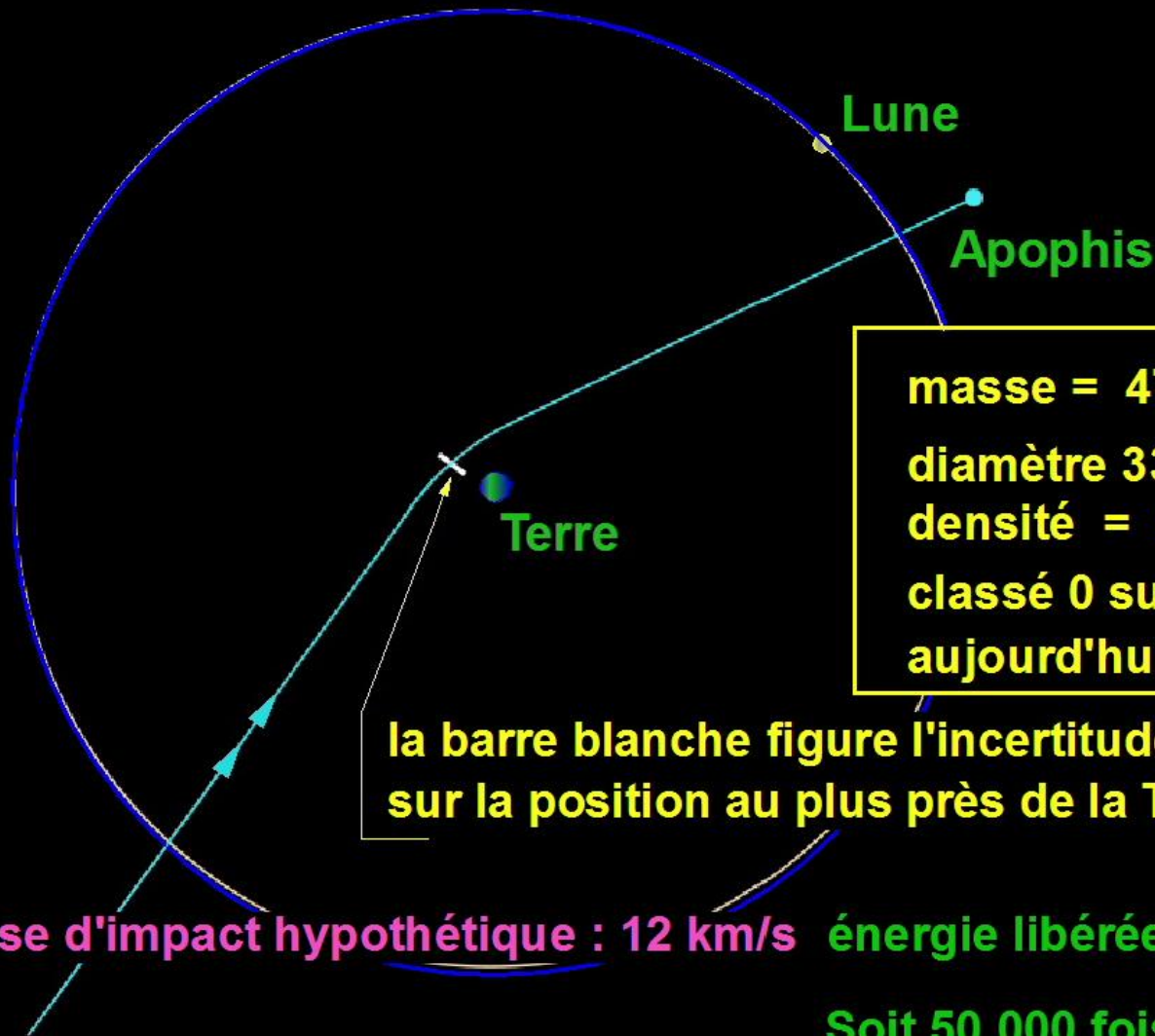
densité : $\rho \approx 2000 \text{ kg/m}^3$

masse $\approx 1.3 \cdot 10^{14} \text{ kg}$

**demi grand axe de
l'orbite : 0.998 u.a.**

**Actuellement classé 0
sur l'échelle de Turin**

Trajectoire d'Apophis en 2029 par rapport à la Terre et à la Lune.



masse = 47 millions de tonnes
diamètre 330m
densité = 2500 kg / m^3
classé 0 sur l'échelle de Turin
aujourd'hui et 1 en 2036

la barre blanche figure l'incertitude
sur la position au plus près de la Terre

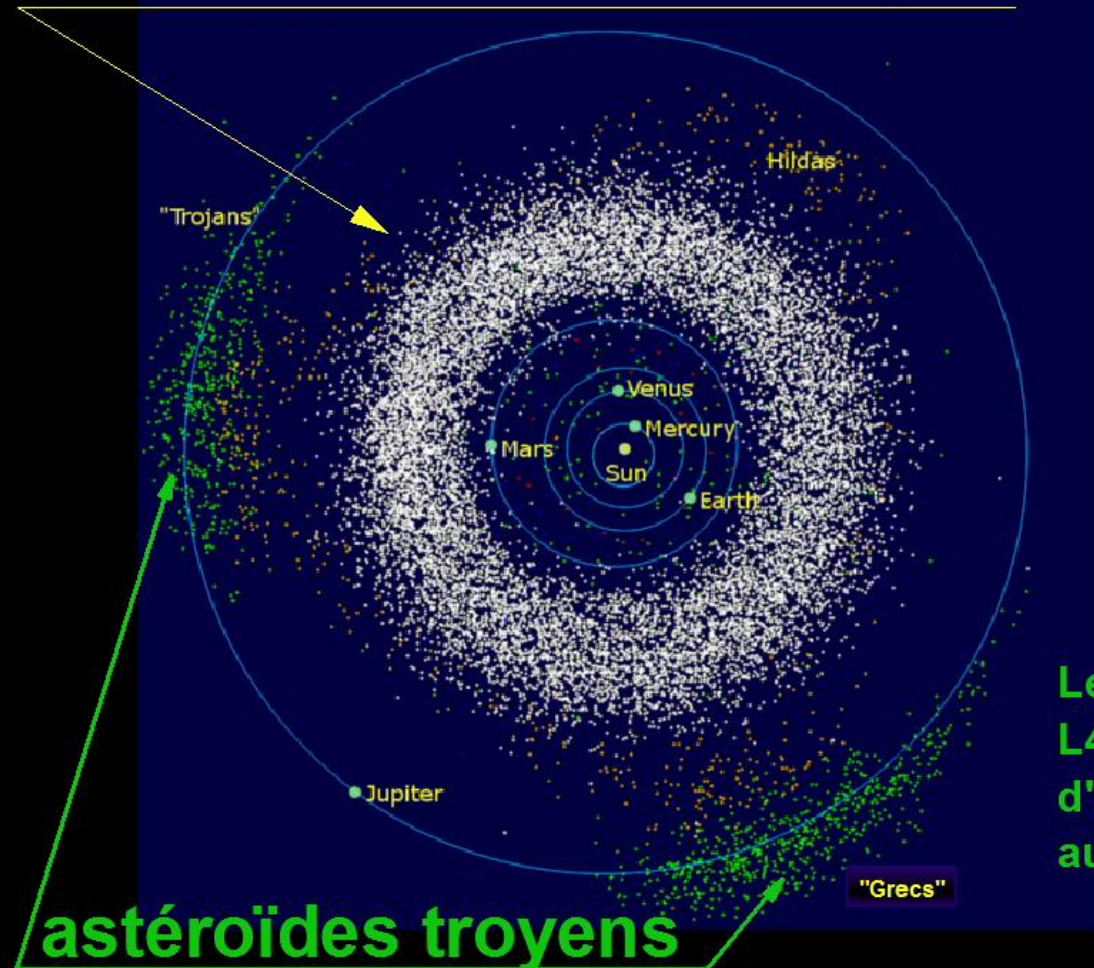
vitesse d'impact hypothétique : 12 km/s énergie libérée : $\approx 800 \text{ Mt de TNT}$

Soit 50 000 fois Hiroshima

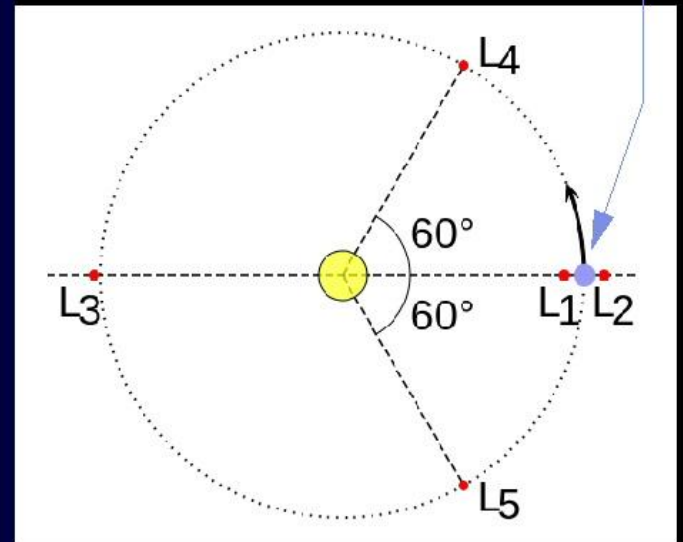
Autre source d'astéroïdes

Les chevaux de Troie

ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter



Jupiter



Les troyens sont les points L4 et L5 (en rouge), sur l'orbite d'un objet secondaire (en bleu), autour d'un objet primaire (en jaune).

Rencontre d'un géocroiseur avec la planète Terre

Météorite de Murchison

tombée le 28/09/1969

masse : 100kg

Elle contient 70 acides aminés

dont :

- l'alanine un des 22 acides aminés codés génétiquement,
- l'acide glutamique qui est un neurotransmetteur dans le système nerveux central.

La vie vient-elle de l'espace ?



Elle a l'âge du système solaire 4.6 M.a.



**Rochechouart
(Limousin)**

astroblème $\phi = 20\text{km}$

espace

choc



**Manicouagan
(Québec)**

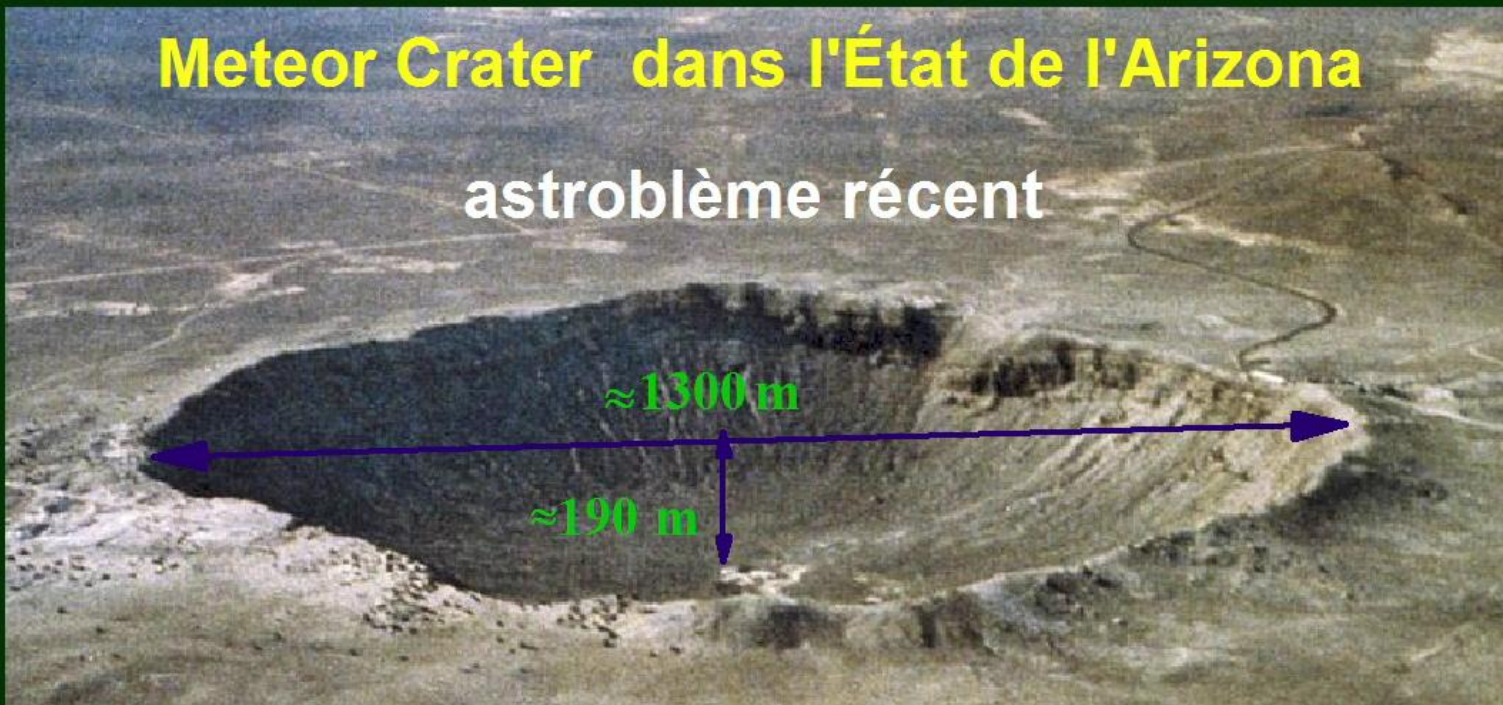
Aujourd'hui lac de retenue

astroblème $\phi = 100\text{km}$

- 215 Ma (fin du Trias) destruction > 60% des espèces.

Meteor Crater dans l'État de l'Arizona

astroblème récent



impact d'une météorite ferreuse (Fe - Ni) vitesse d'impact ≈ 12 Km / s

âge de l'impact : 50 000 ans

Volume de terre déplacé ≈ 70 millions de m³

masse probable de la météorite ≈ 150 000 tonnes

diamètre probable $D = 50$ m

Energie dégagée par l'impact ≈ 2.5 Mt de TNT

Dans les dernières 600 millions d'années les géologues ont identifié 5 extinctions de masse :

- **65 Ma (fin du Crétacé) mort des dinosaures.**

Chicxulub cratère $\phi = 170\text{km}$

- **215 Ma (fin du Trias) destruction $> 60\%$ des espèces.**

Impact probable Manicouagan Québec cratère $\phi = 100\text{km}$

Rochechouart Limousin cratère $\phi = 20\text{km}$

Biseneuille Allier cratère $\phi = 300\text{km}$

- **245 Ma (fin du Permien) disparition de la majorité des organismes marins et terrestres. La vie est détruite à 95%.**

Impact probable au N-O de l'Australie cratère $\phi = 200\text{km}$

- **360 Ma (fin du Dévonien) destruction d'une espèce de coraux, et majoritairement des poissons marins.**

Impact probable baie de Shark Australie cratère $\phi = 120\text{km}$

- **440 Ma (fin de l'Ordovicien) destruction de 30% de la faune marine.**

Impact probable ?

cratère $\phi = ?$

A notre époque

① Entrée dans la haute atmosphère

Altitude : 95 kilomètres
Masse : 12 000 tonnes



② Début de la désintégration



③ Fragmentation

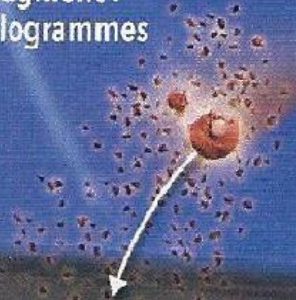
Altitude : 29 kilomètres
20 gros fragments



④ Fin de course

Altitude : 17 kilomètres
Gros fragment :
450 kilogrammes

Pluie de
météorites



Altitude : entre 30 et 40 km
Energie dissipée 0.5 Mt de TNT

Météore de Tcheliabinsk

15 février 2013

diamètre de 15 à 17 m

masse \approx 7 000 à 10 000 tonnes

Tcheliabinsk 3 millions d'ha

est située à 1500km à l'Est de Moscou

UN RISQUE REVU À LA HAUSSE

Les chercheurs se sont aperçus que la météorite était striée de petites veines, caractéristiques d'une onde de choc

“Elles indiquent qu'il s'agit d'un fragment d'un corps plus gros”, précise Peter Jenniskens.

Le calcul de son orbite, montre qu'elle était similaire à celle d'un astéroïde de 2 km de diamètre, connu sous le nom de 86039.

Ainsi, 86039 aurait été percuté, et un morceau de sa croûte propulsé vers nous.

Un morceau trop petit pour être capté par les télescopes. “On pense qu'un million de corps de 10 à 20 m de diamètre gravitent près de la Terre... et seuls 500 ont été catalogués”, explique Peter Brown, responsable d'une autre étude à l'université de Western Ontario (Canada).

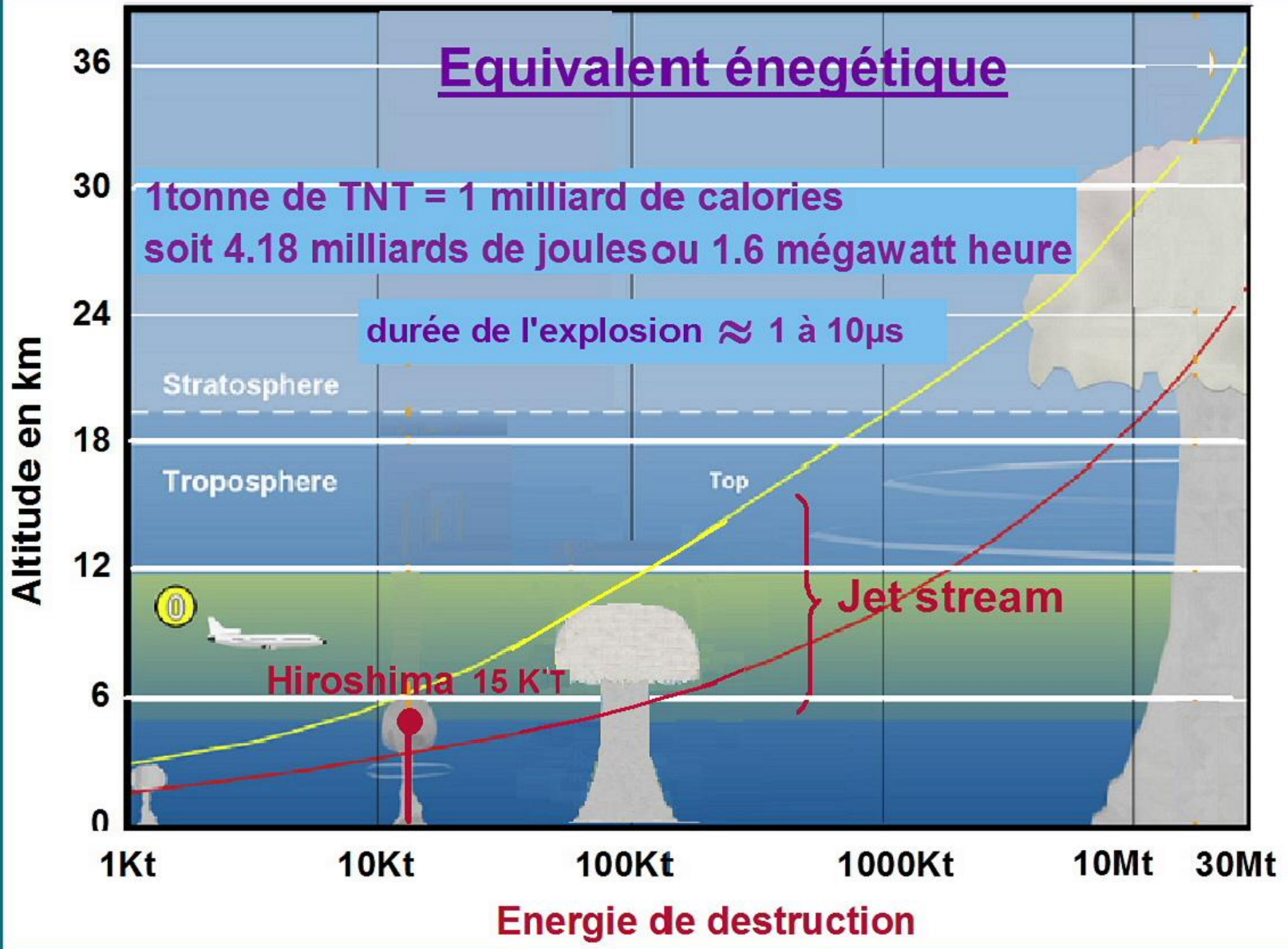
“Le risque d'impact est faussé par les objets de petite taille”.

En reprenant le cas de Tcheliabinsk et tous les impacts recensés depuis 100 ans, le chercheur a déjà revu les statistiques à la hausse :

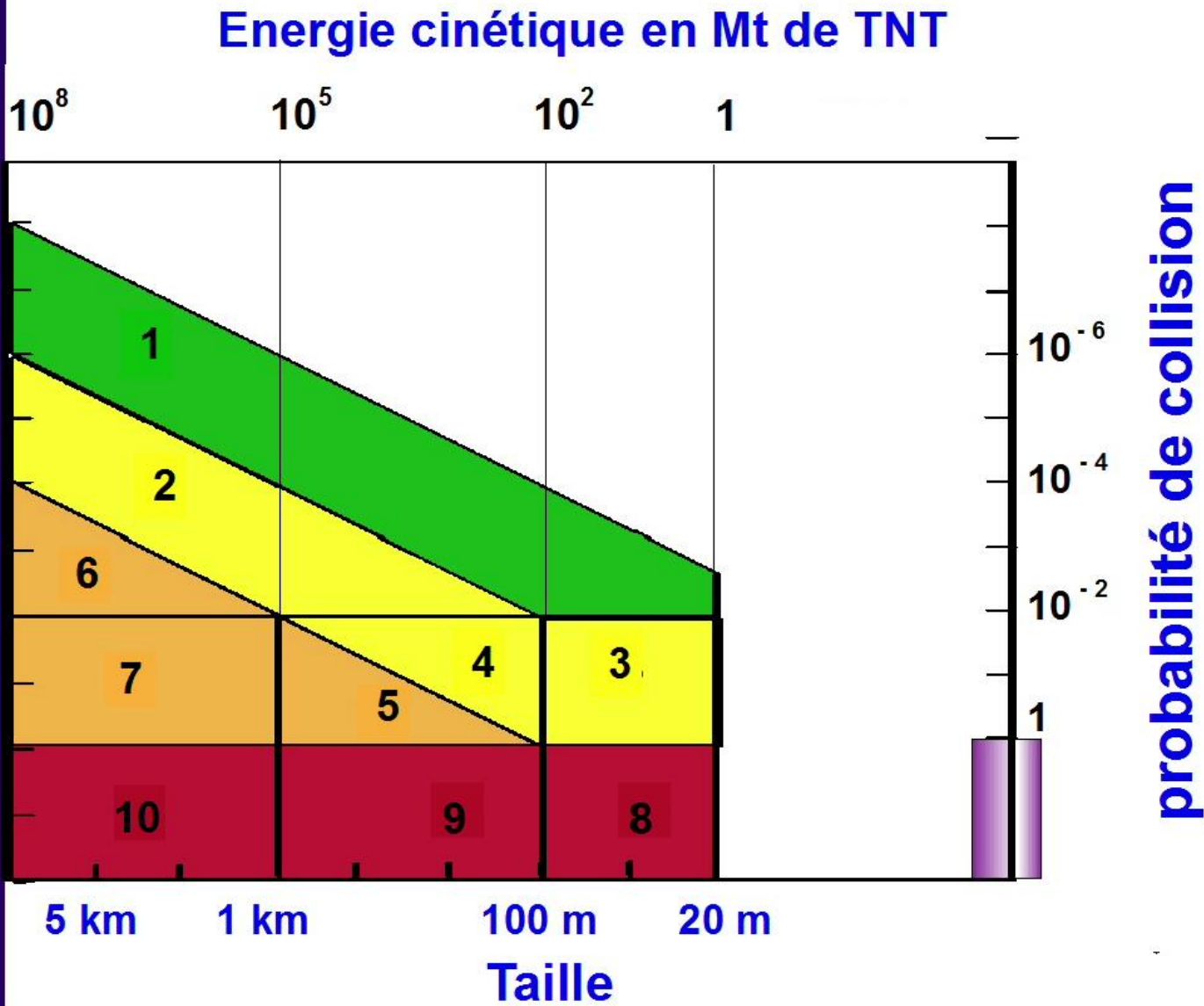
Le risque qu'un objet similaire frappe la Terre pourrait ainsi être **10 fois plus élevé que prévu.**

Impacts météoritiques

diamètre de l'impacteur	fréquence moyenne d'impact	conséquences
10 cm à 10m	200 / an	généralement combustion durant la chute. Dégats mineurs : voiture, toiture..
50m	1 / siècle	cataclisme local 8 / échelle de Turin Météor Crater (50000 ans), explosion de la Toungouska(1908) région dévastée
100m	1 / millénaire	destruction d'une ville tsunami de 35m de haut
500m	1 / 10 ⁵ ans	destruction d'un pays comme la France
1km	1 / 310 ⁵ ans	cataclisme régional 9 / échelle de Turin 100 millions de morts
10km	1 / 100 millions ans	cataclisme planétaire 10 / échelle de Turin extinction de masse



Echelle de Turin [0 ; 10]



Le risque = probabilité de collision x importance des dégâts

Périodicité des impacts d'astéroïdes

Un travail de compilation effectué conjointement par des géologues et des astrophysiciens sur toutes les traces significatives de chutes d'astéroïdes sur une période d'un milliard d'années, fait apparaître une périodicité chronologique des impacts.

Cette période est de l'ordre de 27 millions d'années

D'où l'idée générale d'une cause périodique perturbatrice du nuage de Oort, conduisant à injecter sur des orbites intérieures des objets : astéroïdes et comètes.

Exemple : l'hypothèse NEMESIS proposé 1984 par
Richard A. Muller, (université de Berkeley)

Hypothèse nemesis Richard A. Muller 1984

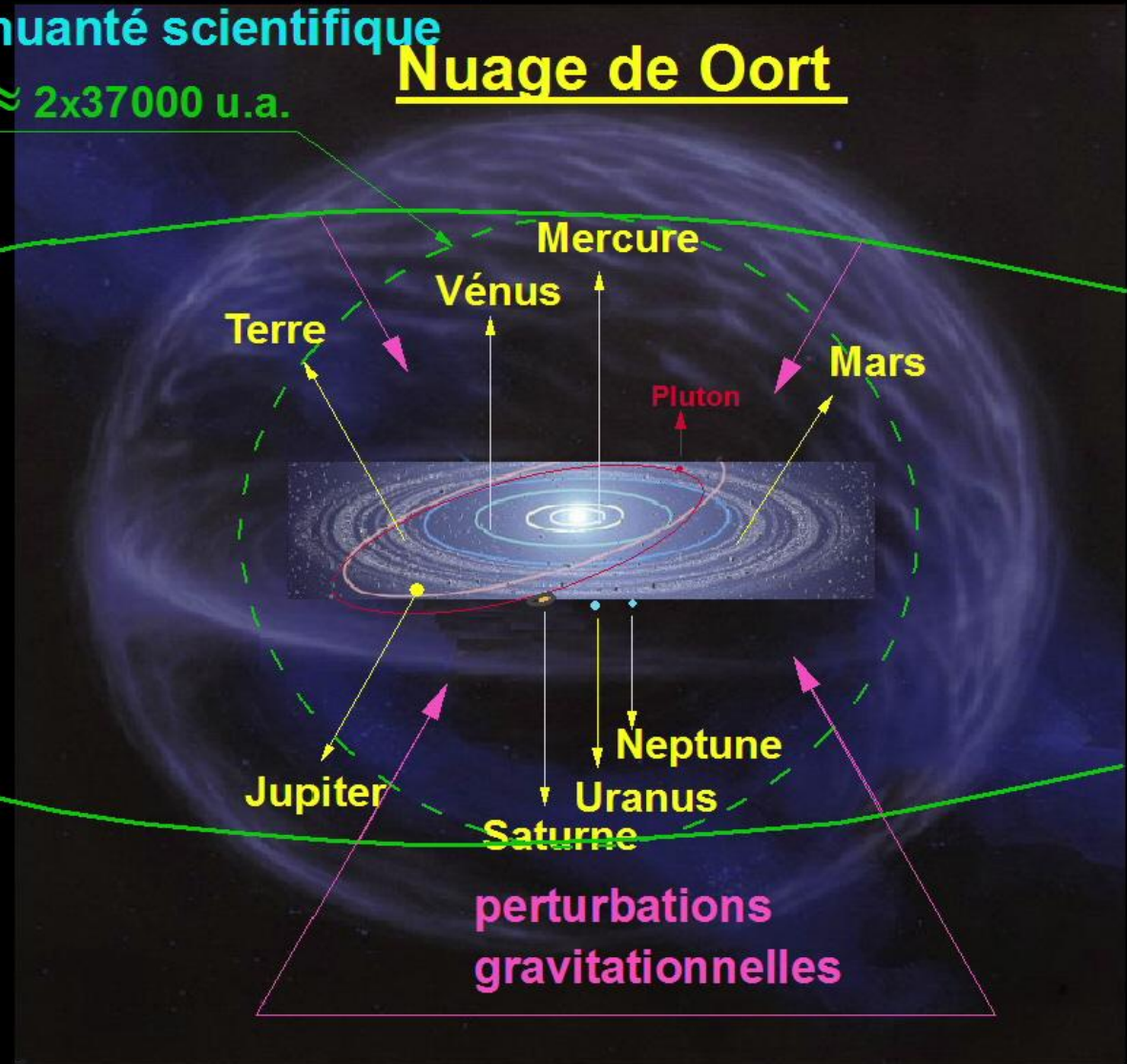
contestée par la communauté scientifique

Nuage de Oort

$$\bar{D}_{\text{Oort}} \approx 2 \times 37000 \text{ u.a.}$$

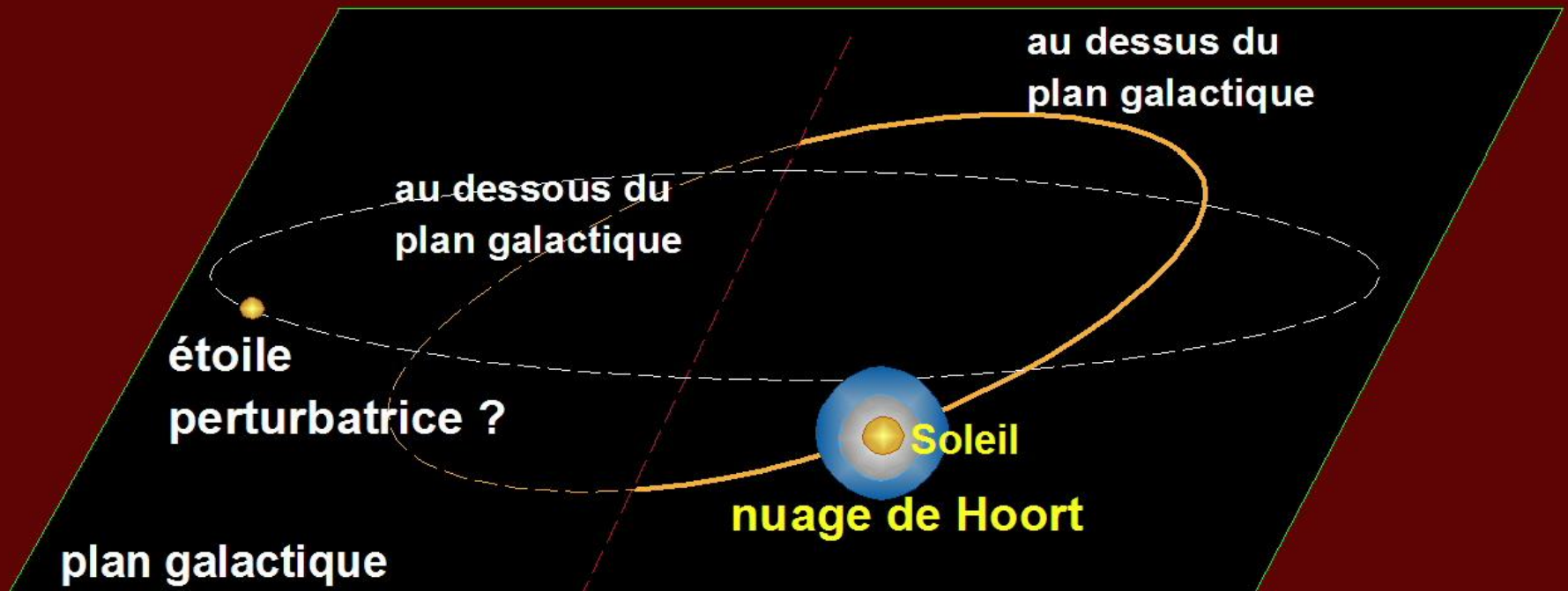
hypothétique Nemesis
naine brune ?

$$M_{\text{Nemesis}} \approx ?! \quad 0.6 M_{\text{Soleil}}$$



Influences astronomiques sur le Nuage de Oort

Une explication plus crédible que Nemesis a été proposée. Il s'agit des oscillations du Soleil autour du plan galactique, (traversée du plan galactique) qui augmente les chances qu'un petit corps s'en approche suffisamment près pour perturber le Nuage de Oort.



Influences astronomiques sur le Nuage d'Oort

Dans le futur (10 millions d'année) Gliese 710 pourrait traverser le nuage de Oort. Cependant, les calculs montrent que peu de comètes et astéroïdes pourraient être décrochés et plonger dans le système solaire intérieur.

Aux dernières nouvelles la rencontre des deux astres pourrait avoir lieu dans 1.4 millions d'années.

Une autre étoile pourrait être Algol : dans le passé il y a 7,3 millions d'années des pluies de comètes dans le système solaire interne pourraient lui être attribuées.

Nous sommes donc dans l'expectative

Existe-il un programme de parades pour contrer le risque d'impact d'un astéroïde avec la Terre ?

L'Institut d'Aéronautique et Astronautique Américain (AIAA) distingue trois scénarios catastrophes

1er- Pour un objet d'environ 50 m de diamètre, on pourrait le dévier de sa trajectoire d'impact terrestre, moyennant une poussée fournie par des moteurs ioniques lancés par des fusées conventionnelles.

mise en oeuvre : deux à trois décennies.

Chance de succès bonnes

2ème - Il s'agit d'un astéroïde de 1 à 2 kilomètres de diamètre avec impact dévastateur prévu d'ici 10 ans : 1 milliard de victimes.

Solution envisagée : usage de charges nucléaires.

Succès qualifié par les experts de modéré

3ème - L'apocalypse : une comète de 5km de rayon fonce sur nous. Elle serait détectée seulement 2ans avant impact. La solution nucléaire reste la seule crédible aujourd'hui, quoique désespérée.

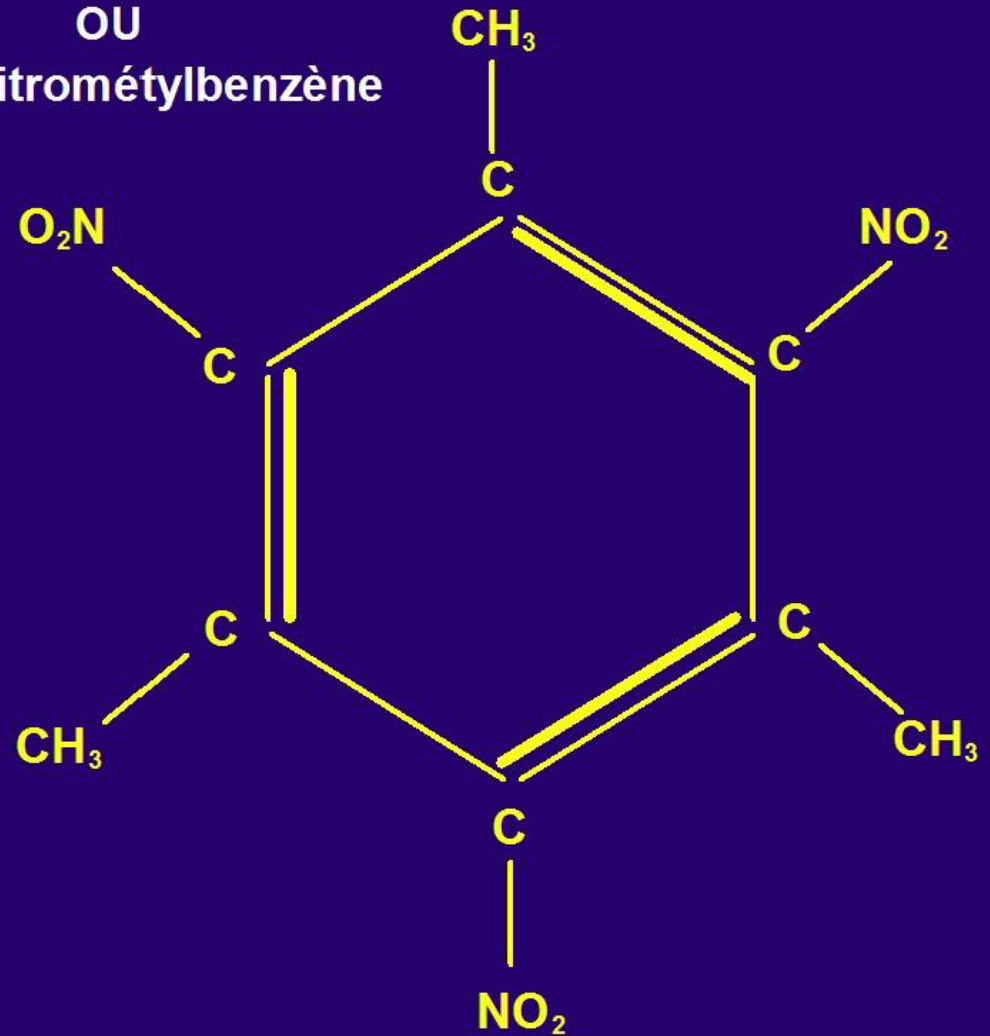
Succès qualifié par les experts de faible

molécule de TNT

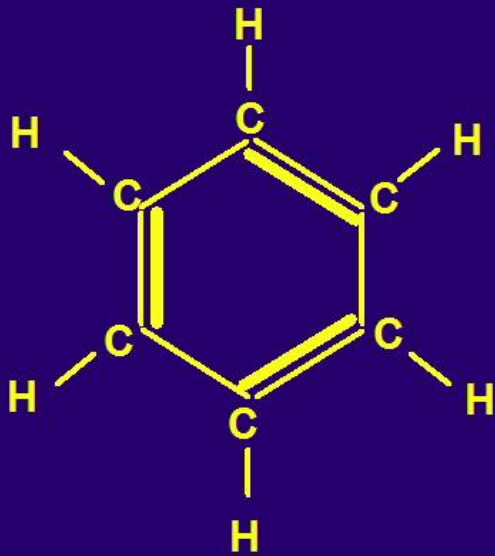
Trinitrotoluène

OU

Trinitrométhylbenzène



molécule initiale
de benzène



FIN