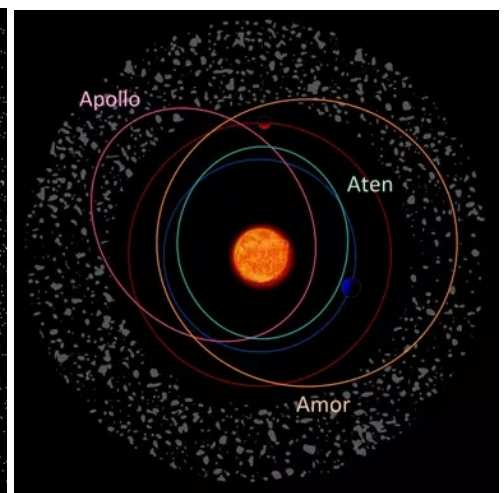
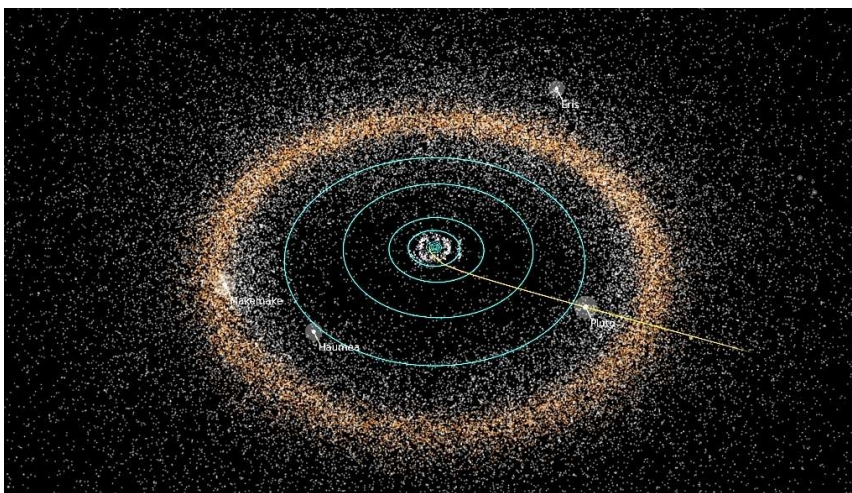
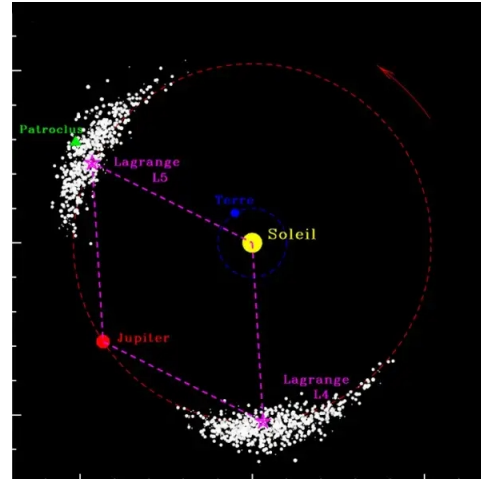
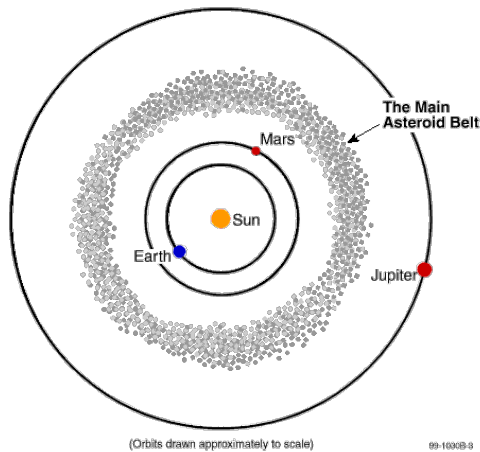


# Les astéroïdes

On peut dénombrer quatre groupes principaux d'astéroïdes.

- \_Les astéroïdes constituant la ceinture d'astéroïde entre Mars et Jupiter.
- \_Les astéroïdes Troyens, ils se situent aux point de Lagrange L4, L5 des planètes.
- \_Les astéroïdes constituant la ceinture de Kuiper au delà de l'orbite de Pluton.
- \_Puis les géocroiseurs avec des orbites croisant celles des planètes, les plus dangereux.



Ces corps se sont formés en même temps que le système solaire, ils sont le résultat de la fragmentation de petits corps appelés planétésimaux issus de la coagulation des fragments et poussières des protoplanètes.

Les dimensions des astéroïdes sont extrêmement variables : de quelques dizaines de mètres à plus de 1.000 kilomètres. On remarque également que plus un astéroïde est gros, plus il est sphérique. En dessous de 160 km de diamètre, leur forme devient franchement allongée et irrégulière : cette forme est due à la gravité.

L'identification des astéroïdes est réalisée de manière rigoureuse, suivant une convention particulière.

Ils reçoivent d'abord un numéro temporaire, donné par le Minor Planet Center, indiquant l'année et le mois de la découverte : AAAAXY, où :

AAAA = année de la découverte ;

X = moitié du mois où la découverte a eu lieu ;

Y = ordre de la découverte dans cette moitié.

Par exemple, 1982DB est le deuxième astéroïde (B) découvert dans la seconde moitié du mois de février (D).

Une fois l'orbite connue, ils reçoivent un chiffre et un nom.

Trois types d'astéroïdes ont été déterminés d'après l'albédo et les spectres émis (*composition chimique*) :  
 (L'albédo est la fraction de l'énergie solaire qui est réfléchiée vers l'espace. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Plus une surface est réfléchissante, plus son albédo est élevé.)

Type C (carbonés : riches en carbone et éléments volatils) :

il comprend 75 % des astéroïdes connus. Il serait associé à la classe des météorites chondrites carbonées. Ces astéroïdes sont de couleur très foncée, due à une grande teneur en hydrocarbures, et ont donc un albédo très faible (0,05). Il semblerait que ce soit les matériaux les plus anciens du Système solaire.

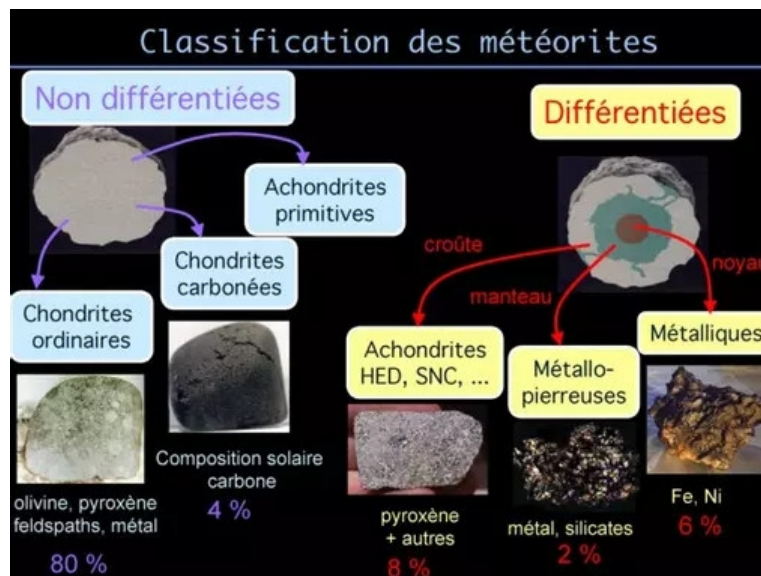
Type S (silicatés) :

17 % des astéroïdes appartiennent à cette classe. Ils ont un albédo moyen (de 0,10 à 0,20) et absorbent fortement la lumière bleue ainsi que les ultraviolets. Ils sont composés essentiellement de silicates de fer et de magnésium.

Type M (métalliques : riches en fer et nickel) :

Ces astéroïdes sont très rares. Ils réfléchissent très bien la lumière (albédo supérieur à 0,20) et correspondraient aux météorites métalliques. Ils sont constitués essentiellement de fer et de nickel.

Deux autres classes ont été créées sur cette base : les types E, R et U (pour unknown).

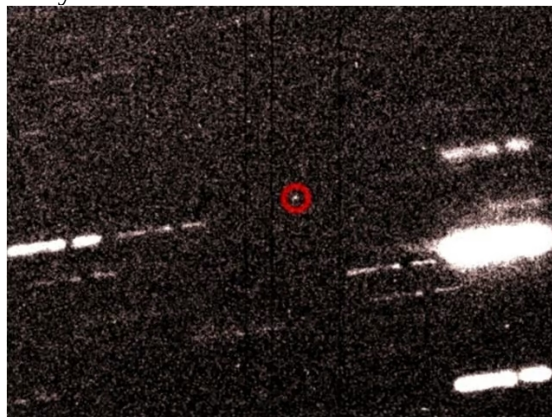


La majeure partie de ces corps sont situés de façon éparsée sur une orbite à environ 400 millions de Km du Soleil entre les planètes Mars et Jupiter, ils composent la ceinture d'astéroïdes.

C'est à cause de la masse et de la gravité importante de Jupiter que l'agglomération de planétésimaux a été interrompue, empêchant ainsi la formation d'une cinquième planète.

Les autres astéroïdes se situent et évoluent en orbite aux points de Lagrange des planètes, par exemple Jupiter compte des milliers d'astéroïdes, Mars en compte sept, Neptune neuf, Saturne cinq, la Terre en a aussi mais leur nombre exact n'est pas connu.

Ce n'est qu'en 2011 que le premier Troyen de la Terre a été découvert : 2010 TK7.



Il mesure environ 300 mètres de diamètre et se trouve à 80 millions de kilomètres de notre planète. Sa découverte a été confirmée par des images réalisées au télescope Canada-France-Hawaï.

Un deuxième astéroïde troyen a été découvert pour la Terre il avait initialement été détecté le 12 décembre 2020 avec les instruments de Pan-STARRS1 à Hawaï.

Observé de plus près en particulier à l'aide du télescope SOAR (Southern Astrophysical Research) de 4,1 mètres sur le Cerro Pachón au Chili, le troyen 2020XL5, avec sa taille de plus d'un kilomètre, est environ trois fois plus grand que 2010TK7.

\_Le troisième groupe gravite au delà de l'orbite de Neptune entre 30 et 50 Unité Astronomique (UA = 150 000 000 Km), ils constituent la ceinture de Kuiper.

Pluton et au moins trois autres planètes naines occupent cette région avec des centaines de milliers d'astéroïdes de plus de 100Km de diamètre et des milliards de corps glacés constituant les comètes. La période orbitale de ces astéroïdes est de plus de 200 ans. Leur origine remonte à la formation du système solaire.

\_Le quatrième groupe compose les astéroïdes géocroiseurs. Ce sont les plus dangereux pour notre planète. Ils proviennent de la ceinture d'astéroïde ou de la ceinture de Kuiper, ils ont été éjectés de leur orbite par la force de gravité d'un autre corps plus imposant, leur trajectoire très elliptique et excentrique leur permet de croiser l'orbite des planètes, ce qui engendre un risque potentiellement très élevé de percuter notre planète.

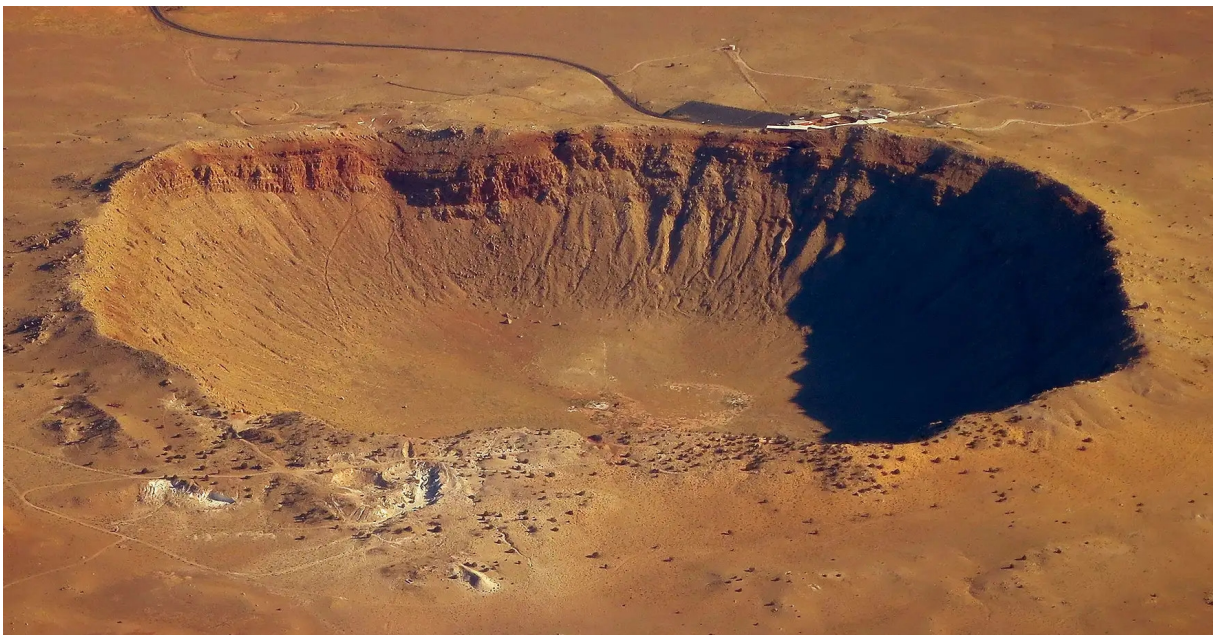
C'est dans les années 1970 que l'on a commencé à s'interroger sur l'existence de ces astéroïdes, en effet ce sont les missions Apollo qui ont démontrés que la multitude des cratères de la surface Lunaire étaient dus à l'impact des astéroïdes. Et c'est vraiment dans les années 1980 que l'on a pris conscience du danger potentiel de ces astéroïdes géocroiseurs.

D'après Steven Ostro (chercheur à la Nasa), il y aurait 2.000 astéroïdes dont la taille dépasserait 1 kilomètre, quelques centaines de milliers les 100 mètres et peut-être 150 millions les 10 mètres.

On retrouve peu de traces d'impacts sur la Terre parce qu'elle est constamment remodelée par l'érosion, l'activité tectonique et le volcanisme.

Le célèbre Meteor Crater d'Arizona d'un kilomètre de diamètre est le résultat de l'impact d'une météorite d'à peine 15 mètres de diamètre. En effet, le choc d'un astéroïde de 30 mètres de diamètre dégage une énergie équivalente à celle de la bombe Hiroshima.

Suivant la taille et la vitesse de rentrée atmosphérique de l'objet, environ 30 à 50 Km seconde, les conséquences d'un impact seront cataclysmiques.



Pour Michel Grenon, astrophysicien à l'observatoire de Sauverny, la chute d'un astéroïde de quelques kilomètres provoquerait des séismes majeurs, des éruptions volcaniques, des raz de marée monstrueux ainsi que des nuages de poussière masquant les radiations solaires et provoquant ainsi l'équivalent d'un hiver nucléaire.

Par exemple, le cratère de Chicxulub (180 kilomètres de diamètre), au large du Yucatán, au Mexique, a été causé par la chute d'un astéroïde de taille moyenne, de 9 à 10 kilomètres de diamètre. Sa vitesse a été estimée entre 30 et 50 kilomètres par seconde. Il a créé un Tsunami qui est remontée sur 2.000 kilomètres à l'intérieur des terres, touchant la plaine du Mississippi (il y a environ 65 millions d'années) et a en partie participé à l'extinction des dinosaures...



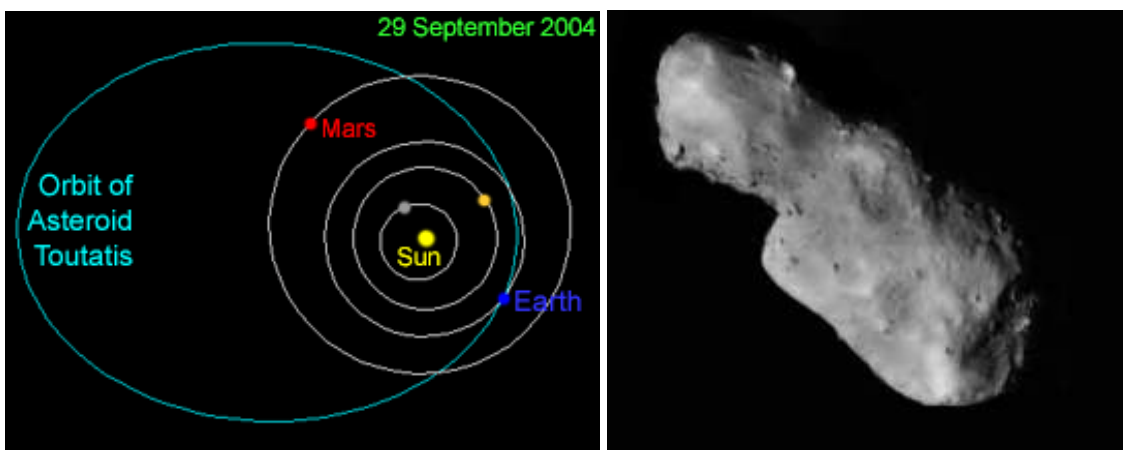
En 25 ans d'observations, on a identifié quelque 250 astéroïdes géocroiseurs. Les astronomes estiment qu'on a repéré à peine 10 % des plus gros d'entre eux. Afin de quantifier plus précisément le risque de collision avec la Terre, un programme de surveillance du ciel a été mis en place, Spaceguard Survey, utilisant un réseau de télescopes de 2 à 3 mètres de diamètre. L'objectif recherché est de découvrir 90 % de l'entière population des astéroïdes géocroiseurs, ou Earth-Crossing Asteroids (ECA) en anglais, de taille kilométrique. Nous serions à même de prévoir l'évolution orbitale de ces objets et de prévenir tout danger de collision avec des moyens qui restent encore à définir.

### Le géocroiseur Toutatis

Le 12 novembre 2012, l'astéroïde Toutatis est passé à 7 millions de kilomètres de la Terre. Après ses passages de 2004 et de 2008 (respectivement à 1,6 et 7,5 millions de kilomètres), c'était une nouvelle occasion de filmer ce géocroiseur de 4,5 km de long.

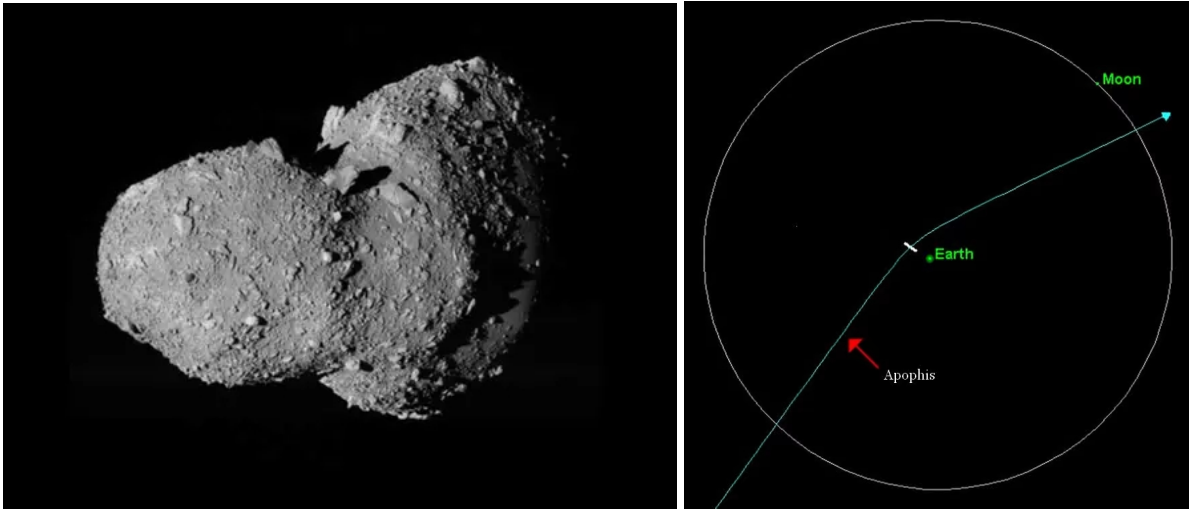
Toutatis, découvert le 4 janvier 1989 par le Français Christian Pollas sur le plateau de Caussols (observatoire de la Côte d'Azur), boucle son orbite autour du Soleil en 3,9 années.

Ses passages fréquents près de la Terre perturbent son orbite, qui est ainsi chaotique et impossible à prévoir sur le long terme.



**Le géocroiseur Apophis**, le plus célèbre des astéroïdes d'un diamètre de 300 mètres, est passé le 9 janvier 2013 loin de nous à une distance sûre de quelque 16,8 millions de kilomètres, soit plus de 44 fois la distance moyenne entre la Terre et la Lune. En 2029, en revanche, il frôlera littéralement la Terre à 31.900 kilomètres. Cette nuit-là, nous aurons donc tous la possibilité (et peut-être la chance) de l'admirer à l'œil nu, il devrait briller à une magnitude 3 lors de sa traversée du ciel. De mémoire d'Homme, ce sera une véritable première.

Des Astronomes ont calculés que l'impact à la surface de la Terre d'un géocroiseur de cette masse (elle est estimée entre 40 et 50 millions de tonnes) provoquerait des dégâts sur une superficie comparable à celle de la France.



Simulation de la trajectoire de l'astéroïde Apophis en 2029, le trait blanc à côté de la Terre, simule la marge d'erreur.

### **En Australie un cratère d'impact de 5 Km de diamètre a été découvert en 2020.**

Le nouveau cratère identifié se trouve près de la ville minière d'Ora Banda, au nord-ouest de Kalgoorlie-Boulder. D'après les géologues, son diamètre serait d'environ cinq kilomètres, soit cinq fois plus grand que le célèbre cratère Wolfe Creek dans le Kimberley. Son étendue a été précisée en utilisant des mesures gravimétriques et, grâce à des carottages, son âge est évalué à environ 100 millions d'années, donc pendant le Crétacé mais avant la formation du fameux cratère de Chicxulub.



*wolfe-creek-crater-australia-s-north-west*

### **En 2015 un cratère de 400Km de large a été découvert en Australie.**

Enfouies sous plusieurs kilomètres de sédiments, deux structures identifiées en Australie pourraient bien être la trace laissée par un double impact d'astéroïde il y a 300 et 420 millions d'années. Si tel est bien le cas, avec un diamètre de 400 km, il s'agirait du plus grand cratère d'impact connu sur Terre. Situé dans le bassin de la rivière Warburton, situé en Australie-Méridionale, on serait en présence d'une structure de 400 km de diamètre.

Il ne s'agirait cependant pas d'un unique cratère d'impact mais bien de deux cratères, larges de 200 km chacun environ, qui se seraient formés simultanément en raison de la fragmentation d'un astéroïde.



### L'astéroïde de 1908

Malgré les gros dégâts qu'il a provoqués, l'astéroïde qui a dévasté une forêt de Toungouska, en Sibérie, le 30 juin 1908 était plutôt maigrichon. Les spécialistes s'inquiètent...

« L'astéroïde qui a provoqué ce ravage considérable était bien plus petit que nous le pensions, a déclaré Mark Boslough (*physicien des impacts planétaires aux laboratoires Sandia, Etats-Unis*), qui a conduit l'équipe de chercheurs. Qu'un aussi petit objet puisse provoquer ce genre de destruction suggère que les plus petits astéroïdes sont aussi à prendre sérieusement en considération. Statistiquement, cela suggère que de telles collisions ne sont pas aussi improbables que nous le pensions.



### L'évènement de Tcheliabinsk est survenu le 15 février 2013, à l'est de l'Oural, en Russie.

Ce jour-là un astéroïde de 19 mètres a explosé dans le ciel provoquant une onde de choc qui fit jusqu'à 1.500 blessés. Un phénomène extrêmement rare. Des chercheurs ayant enquêté sur la trajectoire de l'astéroïde à l'origine du phénomène proposent aujourd'hui un nouveau suspect : le bolide de Tcheliabinsk serait un membre du groupe de géocroiseurs nommé PHA.

On appelle « astéroïdes potentiellement dangereux » (APD ; ou potentially hazardous asteroids, PHA, en anglais).

Après de nombreuses reconstitutions s'appuyant sur quelque 960 vidéos enregistrées et les échantillons récupérés (5 tonnes au total dont un gros morceau de 650 kg tombé dans le lac Chebarkul), on estime que cet aérolithe inattendu qui a pénétré dans l'atmosphère mesurait à l'origine 19 mètres pour environ 10.000 tonnes. L'énergie libérée lorsqu'il s'est brisé en de multiples fragments à environ 20 km d'altitude était équivalente à 500 kilotonnes de TNT, soit presque 30 fois celle de la bombe d'Hiroshima.

L'onde de choc fit jusqu'à 1.500 blessés dans un rayon de 120 kilomètres.



**Concrètement :**

L'agence spatiale américaine surveille étroitement les astéroïdes qui pourraient représenter un risque d'impact potentiel pour la Terre. Même si aucun astéroïde ne représente actuellement un danger à court terme pour notre planète, la Nasa prend très au sérieux cette possibilité.

L'ancien système de calcul avait atteint ses limites. Sachant que le nombre de Géocroiseurs connus avoisine les 28 000 et augmente de 3 000 nouveaux astéroïdes chaque année, un nouveau système plus performant était donc devenu nécessaire pour traiter toutes ces données.

Elle dispose désormais d'un outil bien plus performant pour le faire, un algorithme de calcul plus puissant baptisé Sentry-II. Déployé en décembre 2021, Sentry II s'appuiera sur un algorithme amélioré par rapport à l'ancien système pour examiner tous les facteurs entrant en jeu dans la trajectoire future des astéroïdes géocroiseurs.

### **Un danger potentiel réel.**

D'après Francis Rocard, responsable au CNES, les astéroïdes les plus redoutables ne sont pas forcément les plus gros et peuvent rayer de la carte une ville ou toute une région continentale.

Nous avons pu le constater avec le bolide de 2013 tombé en Russie.

Si près de 850.000 astéroïdes de plus d'un kilomètre de diamètre ont été recensés, "on est loin d'avoir identifié les plus petits", rappelle-t-il.

La NASA qualifie tout astéroïde de "potentiellement dangereux" lorsque la taille de son diamètre dépasse 140 mètres et que son orbite l'amène à passer "à moins de 7,5 millions de kilomètres de la Terre".

D'après le chercheur Francis Rocard, si un géocroiseur de ce type venait à s'écraser sur Paris, la ville tout entière et sa région seraient dévastées.

### **Simulation d'un impact sur la ville de Paris avec un astéroïde de type Apophis :**

Réalisé avec le simulateur de l'Université PURDUE - Copyright © 2010 Imperial College London

<https://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEarth/>

Diamètre du projectile : 325,00 mètres (= 1070,00 pieds)

Densité des projectiles : 3000 kg/m<sup>3</sup>

Vitesse d'impact : 17,00 km par seconde (= 10,60 miles par seconde)

Angle d'impact : 45 degrés

Densité cible : 2500 kg/m<sup>3</sup>

Type de cible : roche sédimentaire

Énergie:

Énergie avant entrée atmosphérique :  $7,79 \times 10^{18}$  Joules =  $1,86 \times 10^3$  MégaTonnes TNT

L'intervalle moyen entre les impacts de cette taille quelque part sur Terre au cours des 4 derniers milliards d'années est de  $8,4 \times 10^4$  ans

Changements globaux majeurs :

La Terre n'est pas fortement perturbée par l'impact et perd une masse négligeable.

L'impact ne modifie pas sensiblement l'inclinaison de l'axe terrestre (< 5 centièmes de degré).

L'impact ne déplace pas sensiblement l'orbite terrestre.

Entrée atmosphérique :

Le projectile commence à se briser à une altitude de 54 000 mètres = 177 000 pieds

Le projectile atteint le sol dans un état brisé. La masse du projectile frappe la surface à une vitesse de 16,3 km/s = 10,1 miles/s

L'énergie perdue dans l'atmosphère est de  $6,43 \times 10^{17}$  Joules =  $1,54 \times 10^2$  Mégatonnes.

L'énergie d'impact est de  $7,15 \times 10^{18}$  Joules =  $1,71 \times 10^3$  MegaTons.

La plus grande de ces deux énergies est utilisée pour calculer les dommages causés par le souffle d'air.

Les fragments de projectiles brisés frappent le sol dans une ellipse de dimension 0,921 km sur 0,651 km

Dimensions du cratère :

Qu'est-ce que ça veut dire?

La forme du cratère est normale malgré l'écrasement atmosphérique ; les fragments ne sont pas significativement dispersés.



Diamètre du cratère transitoire : 4,32 km (= 2,68 miles)  
Profondeur du cratère transitoire : 1,53 km (= 0,949 miles)

Diamètre final du cratère : 5,26 km (= 3,26 miles)  
Profondeur finale du cratère : 488 mètres (= 1600 pieds)

Le cratère formé est un cratère complexe.

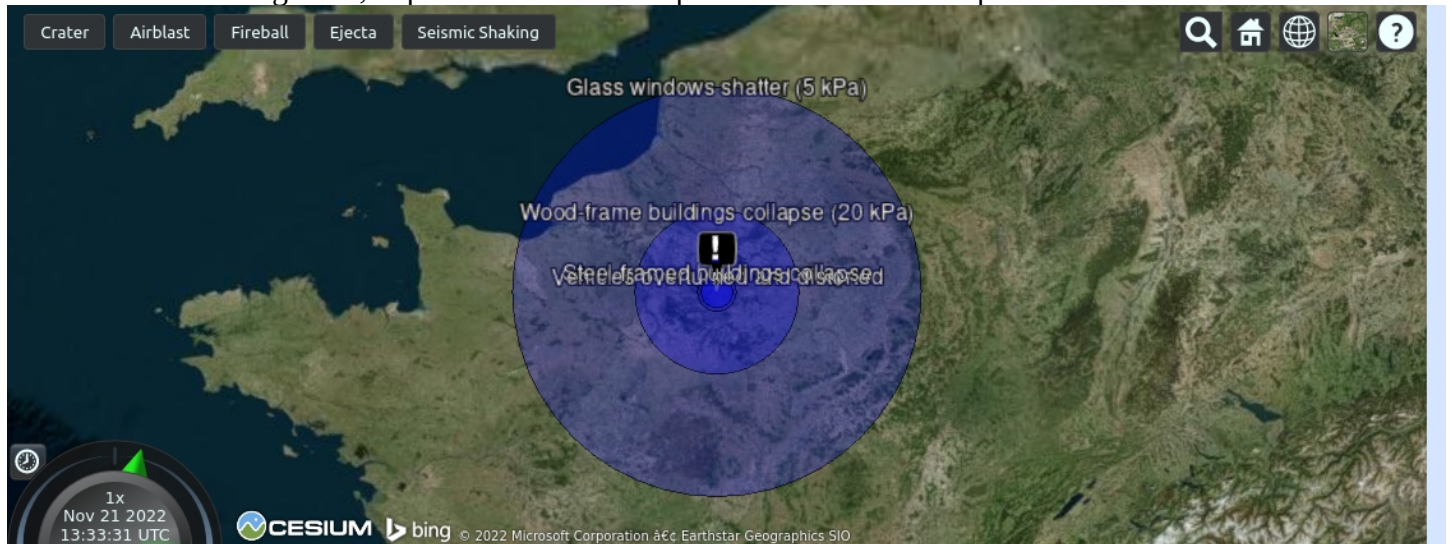
Le volume de la cible fondue ou vaporisée est de 0,045 km<sup>3</sup> = 0,0108 miles<sup>3</sup>

Environ la moitié de la fonte reste dans le cratère, où son épaisseur moyenne est de 3,07 mètres (= 10,1 pieds).

Simulation d'un impact sur Paris avec un astéroïde de type Apophis :  
En blanc le cratère transitoire et en gris le cratère final engendré par l'impact.



En bleu le souffle engendré, le petit cercle central représente le cratère d'impact :



En rouge l'étendue du choc thermique et visibilité de l'onde thermique :



En vert les secousses sismiques, et Tsunami :



Nos ancêtres étaient-ils visionnaires..... !!!

