

CHRONIQUE D'UNE FIN DU MONDE ANNONCÉE

QUELS RISQUES COURE-T-ON AVEC LES « PETITS » OBJETS GÉOCROISEURS?

La probabilité de subir une catastrophe planétaire due à l'impact d'un astéroïde de 10 kilomètres, soit subir le sort des dinosaures, est quasiment nulle sur une échelle de temps très longue (de l'ordre de plusieurs millions d'années...voir la lettre d'information précédente). Mais qu'en est-il des impacts avec des objets de diamètre plus modeste, c'est-à-dire inférieur au kilomètre? Peuvent-ils provoquer des dégâts importants ? Quelle est la probabilité de ces impacts? Ces questions sont légitimes et les recherches se poursuivent pour tenter d'y répondre.

Quels sont les impacts connus?

Notre planète a connu des impacts avec des objets de taille plus modeste que l'impact du golfe du Mexique que l'on suppose responsable de la disparition des dinosaures. Le plus célèbre cratère d'impact est certainement celui du « Meteor crater », ou Barringer crater, en Arizona de diamètre 1,2 km et de profondeur 170 m. Il est attribué à un astéroïde d'un diamètre de l'ordre de 45 mètres qui l'a percuté à grande vitesse (20 km/s), il y a 50 milliers d'années. L'étude de la surface de notre globe, montre ainsi de nombreuses traces d'impacts, au relief plus ou moins marqué, sur pratiquement tous les continents. Toutes ces traces, parfois grandement dégradées par l'érosion ou d'autres transformations géologiques, résultent d'impacts très anciens.



Figure 1. Meteor crater (Barringer crater) en Arizona, USA.

Mais nous avons cependant des exemples de quelques impacts beaucoup plus récents. Le plus emblématique est certainement l'événement du 30 juin 1908 qui est survenu, au matin, dans la région de la rivière Toungouska en Sibérie. Des témoins ont vu passer une boule de feu qui a explosé peu après. Les conséquences immédiates ont été la destruction intégrale de la forêt sur une surface de l'ordre de 1500 km carrés, des dégâts divers dans un rayon de 100 km, le déclenchement d'incendies, la propagation d'une secousse sismique, d'une onde de choc et d'une onde sonore sur plusieurs centaines de kilomètres et la création de halos de poussières. La secousse sismique, enregistrée à 1000 km de là, à Irkoutsk, a été estimée de 4,5 à 5 sur l'échelle de Richter. L'analyse qui est faite alors désigne l'explosion d'un objet céleste en orbite de collision, astéroïde ou noyau cométaire d'un diamètre estimé à 30 à 50 mètres, à une altitude de l'ordre de 7000 km dégageant une énergie considérable de l'ordre de 10 mégatonnes de TNT (soit l'équivalent de près de 700 fois la bombe d'Hiroshima). Plusieurs expéditions ont été menées sur le site, la première n'ayant pu avoir lieu que 19 ans après l'événement, sans apporter les éléments irréfutables pour une explication unique. Une mission en 1999 a notamment étudié l'hypothèse qu'un lac proche du lieu de l'épicentre, le lac Cheko, soit un cratère d'impact. Mais le mystère n'est pas encore levé et des études se poursuivent encore.



Figure 2. Photo ancienne de la zone de l'événement de la Toungouska, Russie.

Plus récemment, on peut également citer la collision d'un petit astéroïde en 2008. Cet objet dénommé 2008 TC3, a été détecté le 6 octobre 2008 par le programme de surveillance américain « Catalina Sky Survey ». Quasi immédiatement identifié sur une orbite collisionnelle, cet objet fut suivi par de nombreux astronomes professionnels et amateurs (environ 570 mesures astrométriques faites par 26 stations d'observation) pendant les 20 heures qui ont précédé l'impact. Ces observations, rapportées au Minor Planet Center puis au Jet Propulsion Laboratory de la NASA, ont alors permis très rapidement de faire l'estimation du diamètre de l'objet, diamètre de l'ordre de 5 mètres, et de prévoir un couloir de probabilités d'impact qui en situait le maximum au dessus du Soudan. L'entrée dans l'atmosphère, à une vitesse de l'ordre de 12 km/s et un angle d'incidence de 20 degrés, provoqua sa désintégration effectivement au dessus du désert Soudanais à une altitude de l'ordre de 40 km. L'événement, dégageant une énergie de l'ordre d'une kilotonne de TNT, fut sans autre conséquence que l'émission d'un flash lumineux observé par un pilote d'avion de ligne et un satellite météorologique, celle d'un signal infrasonore détecté par des détecteurs au Kenya, la formation de nuages de poussières dans l'atmosphère et la dispersion de débris dont plusieurs kilos furent retrouvés au sol ensuite par une expédition scientifique. L'événement fut néanmoins, pour la première fois, une très bonne occasion d'apprécier les possibilités, mais aussi les difficultés, d'une chaîne de surveillance des objets géocroiseurs, depuis la détection jusqu'à la prédiction de l'impact et le déclenchement d'alertes au niveau des autorités compétentes.

Connait-on des astéroïdes risquant de rentrer en collision avec la Terre ?

Par comparaison à l'impact du Chicxulub, fatal aux dinosaures, les deux exemples précédents n'impliquaient que des petits objets avec toutefois des conséquences non négligeables que l'on peut facilement imaginer. Il suffit par exemple de

supposer que l'impact de l'objet de 1908 soit survenu au dessus d'une ville au lieu d'une région aussi peu peuplée que la taïga de la Toungouska. Il est donc important de continuer l'exploration et l'étude de tous les astéroïdes géocroiseurs jusqu'à des diamètres relativement petits (et donc des magnitudes faibles), de déterminer leurs caractéristiques orbitales et physiques pour faire une estimation du risque encouru. Cette tâche est effectuée de façon efficace par plusieurs programmes de surveillance et on peut constater que si le dénombrement des gros NEA atteint bientôt la complétude (voir lettre d'information précédente), il n'en est pas de même pour les plus petits : le taux de détection de l'ensemble des NEA progresse toujours d'environ 900 objets nouveaux par an (voir Fig. 3).

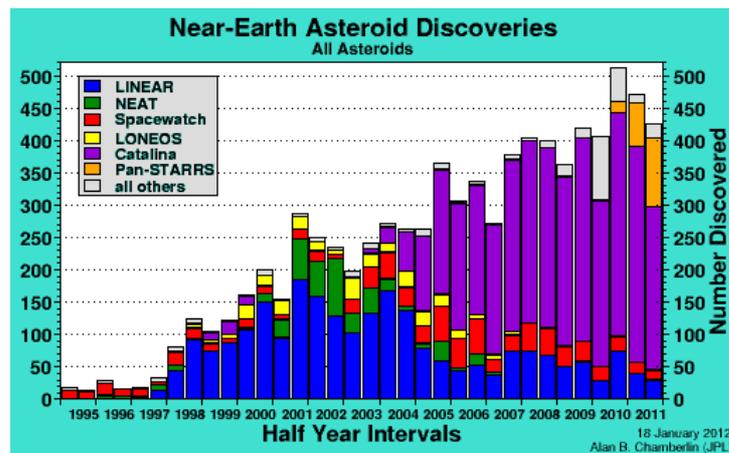


Figure 3. Statistiques de découverte des objets géocroiseurs

(JPL, <http://neo.jpl.nasa.gov/stats/>).

En fait, la classification des astéroïdes géocroiseurs tient compte de l'ampleur des conséquences d'un impact en réservant le terme anglais de PHA (Potentially Hazardous Asteroids) aux astéroïdes potentiellement dangereux. Ceux-ci correspondent, par définition, aux astéroïdes de diamètre supérieur à 140 m et placés sur des orbites les amenant périodiquement à moins de 0,05 unités astronomiques de la Terre (soit 7,5 millions de km ou environ 20 distances lunaires). Un astéroïde de ce diamètre pourrait en effet résister à la traversée de l'atmosphère et un impact provoquerait alors des dommages considérables au niveau d'une ville, d'une région ou d'un pays. Le nombre de tous les PHA inférieurs à 1 km de diamètre est évalué à 1168 à la date de cette lettre d'information (voir <http://neo.jpl.nasa.gov/stats/>).

Les « petits » astéroïdes PHA peuvent effectivement nous réserver de mauvaises surprises. Il faut rappeler un exemple récent et emblématique, celui de l'astéroïde de numéro 99 942, nommé Apophis, après avoir été dénommé 2004 MN4 peu après sa découverte le 20 décembre 2004 depuis l'observatoire Kitt Peak en Arizona. Cet objet de diamètre proche de 300 mètres fut immédiatement identifié comme un impacteur possible pour avril 2036 sur la base des premières mesures astrométriques. Les prédictions orbitales prévoyaient en effet un risque important de passage dans une zone d'insécurité (« keyhole ») lors de son approche serrée de la Terre de 2029 (à l'altitude des satellites artificiels géostationnaires !), qui l'aurait

mis sur cette trajectoire d'impact. Pendant plusieurs jours, l'objet devenait alors le premier objet placé aussi haut sur l'échelle de Turin mesurant la dangerosité des NEA (au niveau 4 sur cette échelle qui comprend 10 niveaux) et causait une certaine inquiétude. Cependant des observations plus anciennes de quelques mois, faites fortuitement, le faisaient néanmoins redescendre au niveau 0 huit jours après sa découverte. Cet astéroïde géocroiseur de période orbitale proche de celle de la Terre a été longtemps impossible à observer en raison de son faible écart angulaire au Soleil. De nouvelles observations réalisables en 2011, et surtout bientôt fin 2012 et en 2013, devraient permettre de confirmer les conclusions de ces études orbitales.

Plus récemment, un autre astéroïde géocroiseur, dénommé 2011 AG5, a été l'objet de toute l'attention des astronomes. De façon similaire à Apophis, cet astéroïde d'environ 140 mètres de diamètre, découvert en 2011, montre un risque d'impact lors d'un retour vers la Terre en 2040. Il aura lui aussi des passages proches (2023, 2028) où l'influence gravitationnelle de la Terre le fera, ou non, passer dans une zone d'insécurité (Keyhole). Cet objet actuellement inobservable le redeviendra en fin 2013 et son orbite pourra être considérablement améliorée par de nouvelles observations.

En règle générale ces études nécessitent un raffinement important des orbites en tenant compte de la morphologie et des caractéristiques des objets. Ceci permet en particulier de prendre en compte des petites forces non gravitationnelles, telles que la force de Yarkowsky due à la réémission de photons thermiques lors de la rotation de l'objet autour d'un axe. Cela nécessite également des moyens astrométriques performants : des récepteurs sensibles et un catalogue stellaire de précision. Pour ces derniers points les moyens spatiaux permettent de faire de gros progrès. La mission Gaia permettra notamment de constituer un catalogue astrométrique de très haute précision dont les conséquences sur les études dynamiques seront majeures.

En conclusion...

Il est important de réaliser que l'étude des objets géocroiseurs ne se résume pas à prévenir un impact majeur d'importance planétaire, possiblement responsable de la disparition de notre espèce. Ce type d'études doit bien sûr améliorer notre connaissance de ces gros objets géocroiseurs de plus de 1 km diamètre mais doit surtout dénombrer et étudier les caractéristiques orbitales et physiques des PHA de plus petits diamètres dont la probabilité d'impact peut s'avérer plus grande. Outre des programmes nationaux, essentiellement aux Etats-Unis où se concentrent les « surveys », des institutions internationales se préoccupent de ce domaine : l'Organisation des Nations Unis, la Commission Européenne, l'Union Astronomique Internationale, soutiennent des programmes de recherche. Ces études peuvent s'avérer complexes puisqu'elles peuvent concerner non seulement la dynamique et la physique des objets mais aussi les mesures à mettre en œuvre en cas de prévision d'impact consistante. On peut notamment citer le programme européen FP7-NEOSShield, dont l'Observatoire de Paris est partenaire, qui s'intéresse à l'étude de missions spatiales pour la mitigation de tels objets menaçants (voir <http://www.neoshield.net/en/the-neoshield-project/description.htm>).