

Les conséquences des passages proches d'astéroïdes avec la Terre revisités

L'astéroïde Apophis subira-t-il des effets de marée substantiels lors de son passage à moins de 36,000 km de la Terre, le permettant de le voir à l'œil nu, le 13 Avril 2029 ? Yun Zhang et Patrick Michel (UCA, OCA, CNRS, Lagrange) ont effectué une nouvelle campagne de simulations numériques de rencontres proches avec des planètes d'astéroïdes représentés comme des agglomérats de roches liées par leur gravité¹. Par rapport aux études précédentes, ils ont poussé le réalisme des simulations, notamment concernant l'arrangement des roches constituant l'astéroïde et les forces de contacts entre ces dernières lors du passage près de la planète. Appliquées au passage de la comète Shoemaker-Levy 9 près de Jupiter avant que ses fragments produits lors de ce passage n'entrent en collision avec la planète en Juillet 1994, leurs simulations prédisent une densité de la comète deux fois plus faible que les estimations précédentes.

Lors des rencontres proches avec les planètes ou les étoiles, les astéroïdes et les comètes peuvent subir des modifications substantielles de leurs trajectoires et de leurs propriétés physiques. Les effets de marée produits par ces rencontres peuvent même provoquer leur destruction, comme ce fut le cas de la comète Shoemaker-Levy 9, qui fut cassée en 21 morceaux lors d'un premier passage proche de Jupiter avant qu'ils entrent en collision avec la planète lors d'un deuxième passage en Juillet 1994. Cette collision fut d'ailleurs la première collision majeure d'un corps avec une planète observée en direct par l'être humain avec les télescopes terrestres.

L'étude des effets de marée produits lors de passage proches de petits corps avec une planète est très importante pour comprendre l'évolution et les caractéristiques des populations des petits corps, et pour prédire le résultat de rencontres futures, telles que celle de l'astéroïde Apophis avec la Terre le 13 Avril 2029 à moins de 36,000 km de la Terre (à l'intérieur de la trajectoire des satellites géostationnaires). En fait, le résultat de telles rencontres et les paramètres qui jouent un rôle majeur nécessitent d'être clarifiés.

Sur la base d'avancées récentes dans la modélisation des petits corps représentés comme des agglomérats de roches liées par leur gravité, les auteurs ont étudié les processus mis en œuvre lors de rencontres proches avec les planètes. Cette représentation en agglomérat est cohérente avec les données fournies par les observations au sol et par les sondes spatiales, qui indiquent que les petits astéroïdes ont une densité relativement faible, qui nécessite qu'il n'ait pas une structure de monolithe mais plutôt d'agglomérat de roches contenant des zones de vides internes. « Nous avons alors effectué une campagne de plusieurs milliers de simulations numériques de passage de tels agglomérats à proximité d'une planète, et avons établi

¹ Zhang, Y., & Michel, P. 2020. Tidal distortion and disruption of rubble-pile bodies revisited - Soft-sphere discrete element analyses. A&A, doi :

l'influence des conditions précises du passage et des propriétés de l'agglomérat, en particulier, sa résistance, l'arrangement des roches, les propriétés frictionnelles des roches en contact, et le nombre de roches considérées » précise Yun Zhang.

Les simulations effectuées par le code N-corps *pkdgrav* indiquent trois types de résultats de passages proches qui dépendent des conditions de la rencontre et de la structure et la résistance de l'astéroïdes. Ces résultats vont de modifications mineures des propriétés de l'astéroïdes à un endommagement sévère : une déformation de l'astéroïde, une perte de masse, ou une destruction.

Les auteurs ont aussi montré que la vitesse du passage et la distance à la planète nécessaires pour causer une destruction de l'astéroïde due aux effets de marée sont bien plus faibles que celles prédites par les études précédentes. « Autrement dit, il faut passer plus près et à plus basse vitesse d'une planète pour que l'objet soit détruit, ce qui réduit le nombre de petits objets produits par ce type d'événement » explique Patrick Michel.

De plus, des objets extrêmement allongés (longueur d'un facteur 6 plus grande que la largeur) peuvent se former lors de rencontre avec des effets de marée modérés (voir Fig. 1), ce qui confirme que la forme de certains astéroïdes peut provenir de tels passages.



Figure 1 : de gauche à droite : rencontre proche entre un astéroïde agglomérat sphérique avec la Terre pendant laquelle les effets de marées modifient sa forme et lui font perdre un peu de masse. Une forme allongée peut ainsi être produite lors d'un tel passage (ici à 1,6 rayon de la Terre).

Enfin, les simulations de destruction en 21 fragments de la Comète Shoemaker-Levy 9 lors de son premier passage vers Jupiter avant qu'ils n'entrent en collision avec la planète en Juillet 1994 indiquent que la densité de la comète devait être de l'ordre de 0.2-0.3 g/cc pour se détruire ainsi, ce qui est environ deux fois plus faible que les prédictions précédentes.

Yun Zhang bénéficie d'une bourse jeune chercheur du programme IDEX JEDI de l'Université Côte d'Azur. Cette étude bénéficie du soutien financier du CNES et du contrat No. 870377 du programme H2020 de l'Union Européenne (projet NEO-MAPP). Les simulations ont été effectuées avec les centres de calcul : LICALLO situé à l'Observatoire de la Côte d'Azur, YORP administré par le Département d'Astronomie et Depthought2 administré par la Division de Technologie Informatique de l'Université de Maryland.

Contact Presse :

Yun Zhang : yun.zhang@oca.eu

Patrick Michel : +33 6 88 21 28 33
michelp@oca.eu