

Collisions de comètes et d'astéroïdes : La Terre est-elle menacée ?





Entre le 6 et le 22 juillet 1994, la comète Shoemaker-Levy 9 s'écrasait sur Jupiter. Ainsi, pour la première fois, nous avons pu observer une comète heurter une planète.

Au-delà de toute l'activité scientifique liée à cet événement, il est intéressant de se poser la question suivante : cela pourrait-il arriver à la Terre et, si oui, comment pourrions nous y faire face ?

Philippe Jamet

Les investigations menées depuis le début des années 50 (passage de l'inanimé au vivant, exobiologie, formation des étoiles et des planètes, « crises de la vie », impactisme) nous amènent à nous poser tellement de questions inattendues qu'elles nous forcent à écarter définitivement toute approche parcellaire de problèmes globaux.

Les fantastiques découvertes effectuées sur les nuages interstellaires par la radioastronomie et l'astronomie infrarouge, les questions que pose l'étonnante « chimie du froid extrême » mise en évidence par des scientifiques russes et néerlandais, les bouleversements en matière de planétologie induits par les programmes Voyager et Viking, tendent à prouver que les apparentes discontinuités et hétérogénéités qui différencient les planètes du système solaire ne constituent qu'un « habillage circonstanciel ». Il existerait — fait encore insoupçonné il y a peu — un *lien organique* entre les mondes planétaires sous tous leurs aspects les plus complexes (comme la vie et l'émergence de l'intelligence) et le cosmos lui-même, fait d'interactions et même de cycles plus ou moins apparents. La compréhension récente de la nature profonde des comètes, des astéroïdes et de leurs processus complexes a considérablement accéléré la résolution de nombreux problèmes.

Tous les problèmes globaux dont nous venons de parler sont liés par des chaînes inextricables entrant en *résonance* les unes avec les autres et, plus le temps passe, plus les scientifiques découvrent avec étonnement que leur résolution implique d'élargir le débat jusqu'au niveau *galactique*. Il semble bien, en effet, que des phénomènes extérieurs au système solaire puissent jouer, de temps à autre, un rôle de « déterminant majeur » dans les processus complexes qui s'y déroulent. Toutefois, un acteur récent est apparu dans la longue histoire de l'évolution vers la complexité au sein de notre système planétaire. Un acteur majeur qui remet en cause le règne « dictatorial » des

« déterminants extérieurs ». Cet acteur majeur s'appelle l'homme. Avec son intelligence, sa capacité de compréhension du réel et sa créativité, il peut modifier une fois pour toutes les règles du jeu, en faisant appel aux technologies les plus modernes. De tous les participants au jeu singulier du Cosmos, c'est le seul capable d'échapper au déterminisme qui règle les actions aveugles et mécaniques des autres acteurs, le seul capable de modifier le cours des choses.

Système solaire et collisions

Le reflet de cette trame cosmique reliant le stellaire et le planétaire au galactique apparaît dans le processus qui conduit à la création de systèmes planétaires, dont notre système solaire reste, jusqu'à présent, le seul exemple achevé que nous puissions contempler in situ. Toutes les découvertes les plus récentes n'ont fait que renforcer l'idée de cette imbrication. Notre système planétaire serait le produit d'éléments de processus *endogènes*, liés au phénomène de contraction gravitationnelle d'un gros nuage de poussières et de molécules qui aurait également subi l'influence d'éléments *exogènes*, en apparence « indépendants ». Ces derniers ont induit, au niveau du système solaire en formation, des processus collisionnels et de pénétration qui sont probablement les conséquences de phénomènes cataclysmiques. On peut imaginer, par exemple, l'explosion de supernovæ, entraînant des ondes de choc dont l'effet et la dispersion se seraient étendus sur des dizaines de millions d'années.

Ceci paraît effarant si l'on raisonne, du point de vue de l'échelle du temps humaine, mais tout à fait normal et « ordinaire » à l'échelle cosmique, où les effets d'un cataclysme sont, à cause des longues distances, en quelque sorte « conservés » avant d'entrer en action. On peut dire que chaque étoile de notre galaxie contient, dans une certaine mesure, la signature de processus plus ou moins lointains qui se sont produits des millions d'années, voire des centai-

nes de millions d'années avant sa formation ! De plus, une fois formée, la protoétoile peut encore subir l'influence d'événements ultérieurs du même type, comme, par exemple, rencontrer d'autres nuages denses de molécules et de poussières, au cours de son périple par rapport au centre galactique. Un tel événement pourrait expliquer certaines périodes glaciaires de notre histoire terrestre, contribuant à faire baisser, au prix d'une occultation minime, la quantité d'énergie solaire transmise au niveau de l'orbite terrestre.

Pour ce qui concerne notre système solaire, et donc le problème des collisions qui, comme nous le verrons, lui sont inhérents de par sa nature, nombre de théories plus ou moins cohérentes ont été proposées. Cependant, la question de son origine ne saurait être dissociée de son étonnante structure au sein de laquelle se meuvent des objets tellement divers qu'il est impossible d'y retrouver deux objets aux caractères pratiquement identiques. En effet, comment expliquer qu'à l'intérieur d'un même système solaire et planétaire, visiblement issu de la même structure originelle de base, puissent exister des corps aussi *dissemblables* que :

- une étoile centrale éjectant à chaque seconde des quantités phénoménales de rayonnements et d'énergie ;
- des planètes telluriques solides (Mercure, Vénus, la Terre, Mars) ;
- des planètes géantes gazeuses (comme Jupiter et Saturne), entourées elles-mêmes de mini-systèmes planétaires et ayant entre elles autant d'hétérogénéités que de similitudes ;
- des astéroïdes solides de grande taille dont les orbites sont relativement proches du Soleil ;
- des comètes composées à la fois d'éléments volatils et d'éléments solides mais dont les trajectoires, encore plus exotiques que certains cas extrêmes d'astéroïdes, ont pour particularité de posséder une aphélie (partie de leur orbite la plus éloignée du Soleil), située parfois à plusieurs

centaines, voire plusieurs milliers et dizaines de milliers d'unités astronomiques de notre étoile centrale.

Et le problème s'est encore récemment compliqué entre 1977 et 1992 : tout d'abord avec la découverte de l'objet Kowal (dénommé depuis Chiron), situé entre Saturne et Uranus, ensuite avec la mise en évidence d'objets « transneptuniens » par l'équipe de l'Américain Jewitt. Curieusement, ces étranges objets semblent revêtir à la fois les caractéristiques des comètes et des astéroïdes. Des travaux récents¹ de l'astrophysicien Cruikshank tendent à montrer qu'il en existerait des milliers au niveau de la fameuse Ceinture de Kuiper, dénommée ainsi en l'honneur du pionnier américano-hollandais qui fut le premier à en soupçonner l'existence. Selon Cruikshank, une taille de 150 à 200 kilomètres pour ces objets ne serait pas rare. Pour sa part, le spécialiste français Michel Maurette estime que ces objets devraient faire l'objet d'une surveillance particulière.

Jusqu'à présent ces objets « intermédiaires » difficiles à classer (auxquels pourrait peut-être appartenir la comète Shoemaker-Levy qui s'est écrasée en morceaux sur Jupiter en juillet dernier) n'avaient pas été détectés faute de programme de recherche spécifique. Depuis le début des années 90, ils font l'objet de tentatives de détection systématique de la part d'observatoires américains. Toujours selon Cruikshank et Maurette, certains de ces objets pourraient, à la suite de phénomènes gravitationnels, être éjectés vers les parties internes du système solaire sur des orbites de collision planétaire !

Ce n'est pas surprenant puisque l'impactisme a été la règle au tout début de la formation du système solaire. L'évolution d'une situation de processus d'accrétion du tout jeune système planétaire vers l'ordre apparent et bien huilé actuel n'empêche pas toutefois certains objets d'y déroger de temps à autre. Le processus ayant mené à la formation du système solaire donne l'explication de cet apparent illogisme. Les premières explications quant à ce processus (du type « nébuleuse primiti-



La collision toute récente avec Jupiter de la comète Shoemaker-Levy, comète qui avait été préalablement dissociée par les forces gravitationnelles de la planète géante, prouve que l'impactisme qui était la règle au début de la formation du système solaire est toujours actuel en tant qu'effet résiduel du processus d'accrétion des planètes. Selon Eric Gérard, radioastronome à l'Observatoire de Meudon, le phénomène d'explosion constaté dans l'atmosphère de Jupiter, lors de ces impacts, prouve que la comète en question possédait un noyau dur de poussières et de roches.

ve »), quoique logiques, sont restées longtemps théoriques. Ce n'est qu'au milieu du XX^{ème} siècle, et grâce à l'observation en direct des mécanismes de formation des protoétoiles et des T Tauri au sein de nuages de poussières denses, que l'on a pu acquérir une réelle compréhension de ce processus. Parallèlement, à l'aide de la spectroscopie et la radioastronomie centimétrique et millimétrique, on mit en évidence « analogies et ressemblances » entre ces nuages et les comètes.

Actuellement, l'hypothèse la plus probable concernant la naissance du système solaire est la suivante. Au départ, nous avons, situé près du plan médian galactique, un parmi ces nombreux nuages de poussières et de molécules interstellaires. Celui-ci est partiellement dissocié par les ondes de choc provoquées par des explosions de supernovæ relativement « proches », apportant avec elles des tourbillons de poussières et de gaz éjectés. Ensuite, ce nuage commence, au cours d'une longue évolution pouvant s'étendre sur plusieurs centaines de millions d'années, à se recomposer mais *enrichi* par l'apport des éléments venus de ces supernovæ. Selon Paul Pellas, un chercheur mondialement connu du Muséum et grand spécialiste des météorites, cinq ou six événements de ce type ont probablement coexisté à la naissance du système solaire et on en retrouve des traces indiscutables au niveau des

isotopes de certains éléments trouvés dans des météorites comme le néon 20 et le néon 22. Ce phénomène se reproduit d'ailleurs en d'autres points de la Galaxie, il s'est déjà produit de nombreuses fois par le passé, il se reproduira encore, il est *permanent* !

C'est à partir de cet enrichissement important en éléments extérieurs que nous allons pouvoir comprendre le processus d'évolution de notre nuage désormais devenu *plus dense et plus massif*. Même si en comparaison d'une atmosphère planétaire celui-ci est relativement peu dense, il ne faut pas oublier que l'effet de *taille* compense l'effet de *densité*. Plus notre nuage est grand, plus il est dense, plus ses forces de gravitation vont être élevées ! Passé un certain seuil critique, il va tendre à s'effondrer sur lui-même.

Dans un premier temps notre nuage va ressembler à une grosse boule de gaz et de poussières tournant sur elle-même. Dans un deuxième temps, la boule « primitive » tournant de plus en plus vite évoluera peu à peu vers une structure en forme de disque relativement épais, s'affinant au fur et à mesure des phases successives de son évolution. Au centre du disque où une structure en forme de boule ramassée persiste, la densité de matière augmente de telle façon qu'une brutale pression apparaît sur les composantes de gaz et de poussières, lesquelles vont s'échauffer les unes les

autres jusqu'à ce qu'apparaisse un « noyau chaud », puis une protoétoile et enfin une étoile qui va devenir notre Soleil ! C'est à ce moment-là que la contraction de notre nébuleuse protostellaire va se ralentir et que notre étoile devient un véritable « maelström » dont la température au centre peut atteindre 15 millions de degrés, dès qu'ont été amorcées les réactions de nucléosynthèse. Déjà bien avant ce stade, les molécules complexes et les éléments les plus volatils ont totalement disparu du centre de la nébuleuse, sauf une fraction importante de l'hydrogène et quelques éléments résiduels ayant, grâce à la protection de quelques éléments lourds, échappé à la destruction.

Par contre, à partir d'une certaine distance de la nouvelle étoile et plus encore sur les parties externes de la nébuleuse primitive, il *subsiste* des poussières et des molécules en partie dissociées. Cette situation explique l'incroyable hétérogénéité des corps qui composent notre système solaire. Pour des raisons évidentes de mécanique et de dynamique, et plus encore à cause des écarts considérables de température selon que l'on se trouve dans une partie du disque proche ou éloignée de notre étoile centrale, apparaissent progressivement des « hétérogénéités locales ». Elles ont les unes par rapport aux autres des dissemblances de départ avec cependant toutes un point com-

