

FORMATION DES PERSONNES-RESSOURCES EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE

Les impacts météoritiques

André Grandchamps

astronome

Planétarium de Montréal



Le cratère du Nouveau Québec - Source : ottawa.rasc.ca/astronomy

DOCUMENT DE TRAVAIL

©2005 - Planétarium de Montréal. Tous droits réservés.

Les impacts météoritiques

Lorsqu'on regarde la Lune, la première chose que l'on remarque est la présence de nombreux cratères. Ces cicatrices sont les témoins d'impacts violents qui se sont produits au cours de l'histoire géologique de la Lune. Mais qu'en est-il de notre planète?

Une étude attentive nous permet de voir que la surface de Terre porte elle aussi les traces de l'écrasement de corps célestes. Mais le nombre de cratères à la surface de la Terre est beaucoup moins élevé que sur la Lune.

Trois facteurs expliquent cette différence. Il y a d'abord la présence d'une couche atmosphérique qui entoure la Terre. L'atmosphère agit comme bouclier en nous protégeant des nombreux impacts mineurs. La Lune étant dépourvue d'atmosphère, le moindre petit caillou qui la frappe laisse une trace sur le sol. En contrepartie, la très grande majorité des corps qui frappent l'atmosphère terrestre se désintègrent avant d'atteindre la surface. Seuls les plus gros fragments survivent à la traversée de l'atmosphère. Et lorsqu'ils atteignent le sol, ils sont beaucoup plus petits, ayant été érodés en cours de route.

Il y a aussi le fait que les deux tiers de la surface de la Terre sont recouverts d'eau. Un corps a beaucoup moins de chance de laisser une trace lorsqu'il s'abîme dans un océan. Il créera plutôt, dans les cas extrêmes, des raz de marée gigantesques qui pourront dévaster les terres émergées.

Enfin, le vent et l'eau engendrent un important processus d'érosion. La surface de notre planète est continuellement modifiée : les cratères les plus anciens s'effacent en quelques millions d'années. Enfin l'activité géologique, le volcanisme et le déplacement des continents accentuent le remodelage de la surface de la Terre.

D'ailleurs, des quelque 150 cratères répertoriés sur Terre, seulement cinq ont plus de 600 millions d'années. Le plus ancien a moins de deux milliards d'années, alors que notre planète a été formée il y a près de cinq milliards d'années. En fait, la majorité des cratères terrestres qui subsistent encore ont été formés il y a moins de 100 millions d'années.

Malgré toutes ces protections, des impacts majeurs ont marqué l'histoire de la Terre. Et malheureusement, nous ne sommes pas à l'abri d'une autre collision majeure. Cependant, nos connaissances de ces phénomènes se sont beaucoup raffinées. Nous pouvons maintenant mieux évaluer les risques d'un tel événement et peut-être un jour pourrons-nous nous en protéger.

La Terre bombardée

On estime qu'à chaque année, plus de 20 millions de corps frappent les hautes couches atmosphériques de la Terre. La très grande majorité de ces corps ne sont que de minuscules poussières. En entrant dans l'atmosphère, elles se consomment et se transforment en étoiles filantes. La grosseur typique d'une étoile filante est celle d'un grain de sable. Mais ces débris entrent dans l'atmosphère à grande vitesse, soit habituellement à 100 000 km/h. Avant de se consumer entièrement, la poussière parvient à franchir une grande distance. Lorsqu'elle brûle, elle excite l'air environnant qui s'illumine en créant la longue traînée lumineuse caractéristique des étoiles filantes.

Dans un ciel sombre et dépourvu d'obstacle à l'horizon, on estime qu'on peut apercevoir une étoile filante toutes les dix minutes.

Il arrive parfois que la Terre traverse un essaim de poussières laissé par une comète. Les comètes sont des boules de glace et de poussières de la grosseur d'une montagne. En s'approchant du Soleil, la comète est érodée et laisse derrière elle un nuage de poussières. Lorsque la Terre traverse un tel nuage, il se produit une pluie d'étoiles filantes. On peut alors observer, dans les meilleurs cas, plusieurs dizaines d'étoiles filantes par heure.

Si le projectile qui pénètre dans l'atmosphère est un peu plus gros qu'un grain de sable, la grosseur d'un poing par exemple, il crée une boule de feu en traversant l'atmosphère. Ce phénomène est appelé *bolide*.

Enfin, il arrive que le corps soit suffisamment gros pour survivre à la traversée de l'atmosphère. La plupart des débris qui frappent le sol sont des météorites qui laissent peu de traces.

Les astronomes estiment que chaque année, près de 100 000 tonnes de matières frappent les couches atmosphériques terrestres. De ce nombre, seules quelques centaines de tonnes survivent et s'abîment au sol.

Météorites, astéroïdes et géocroiseurs

On a récupéré plus de 25 000 météorites dans le monde dont plus des trois quarts en Antarctique. La plus grosse météorite a été trouvée en Namibie sur la ferme Hoba, d'où elle tire son nom. Il s'agit d'un énorme bloc de fer et de nickel qui pèse près de 60 tonnes. Le bloc de métal repose maintenant dans une cavité artificielle de deux mètres de profondeur. Le cratère qui fut créé



lors de l'impact a maintenant disparu.

Plus près de nous, soit le 20 juin 1994, une météorite est tombée dans la région de Saint-Robert, près de Sorel, au Québec. Jusqu'à maintenant, 24 fragments ont été retrouvés dont le plus gros pesait 6 kg. La taille du météorite devait être de 40 mètres de diamètre avant sa rentrée dans l'atmosphère.

Météorite de Hoba - Source : namibie2004.free.fr/desert/meteorite.jpg

L'étude des météorites montre que ces pierres venues du ciel sont très semblables aux astéroïdes. Les météorites sont donc des fragments d'astéroïdes tombés sur Terre.

Les astéroïdes sont des corps rocheux ou métalliques de taille variable (le plus gros, Cérès, mesure 930 km de diamètre) et de forme irrégulière. Près de 20 000 astéroïdes ont été répertoriés jusqu'à maintenant. La majorité d'entre eux sont situés entre les planètes Mars et Jupiter, dans une zone appelée ceinture d'astéroïdes. Bien qu'elles soient nombreuses, on estime que la masse totale de ces petites planètes ne dépasse pas 1/5000 de la masse de la Terre. Ces corps seraient probablement les résidus d'une planète qui ne s'est jamais formée. La forte gravité de la planète Jupiter aurait empêché ces corps de s'agglomérer pour former une petite planète.

D'autres astéroïdes sont aussi situés dans la ceinture de Kuiper, une région située au-delà de l'orbite de la planète Neptune.

Certains astéroïdes passent près de l'orbite de notre planète. Parmi ceux-ci, les plus inquiétants sont ceux qui croisent l'orbite de la Terre : ce sont les géocroiseurs. Ces corps d'au moins 100 mètres de diamètre ont des orbites chaotiques, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas stables sur une longue période de temps (plus de 500 ans) et peuvent être modifiées au fil des siècles. On dénombre à ce jour près de 700 géocroiseurs potentiellement dangereux, mais on estime qu'il y en aurait près de 2000 au total.

Danger : collisions

Des études réalisées au cours des dernières années nous ont permis d'évaluer les probabilités qu'un corps céleste frappe notre planète.

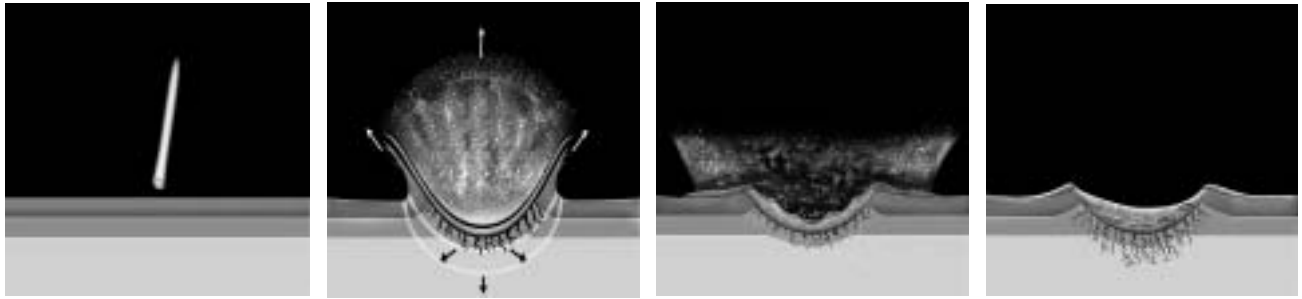
Selon ces estimés, une dizaine de météorites de la taille de celui de Saint-Robert tomberaient sur Terre chaque année. Un objet de 10 m frapperait la Terre tous les dix ans, engendrant une explosion de 100 kilotonnes, soit cinq fois la puissance de la bombe d'Hiroshima. Un objet de 150 m tomberait à tous les 5000 ans, créant un cratère de deux kilomètres de diamètre.

Les projectiles de un à cinq kilomètres tomberaient tous les 500 000 ans en moyenne et provoqueraient une catastrophe qui affecterait toute la planète. Les objets de dix kilomètres, comme celui qui a entraîné la disparition des dinosaures, frapperaient notre planète tous les 50 millions d'années.

Le dernier événement majeur de ce type a eu lieu le 30 juin 1908. Ce soir-là, une comète de 60 mètres de diamètre s'abîma en entrant dans l'atmosphère terrestre, au-dessus de la rivière Tunguska en Sibérie. La comète se désintégra à huit kilomètres au-dessus du sol. L'explosion fut aussi puissante que 6000 bombes d'Hiroshima. La déflagration dévasta 1600 km² de forêt. Le son engendré par la détonation fut entendu à près de mille kilomètres de distance. Des sismographes en Angleterre ont même enregistré la secousse sismique engendrée par l'explosion. Par chance, la région de Tunguska était inhabitée.

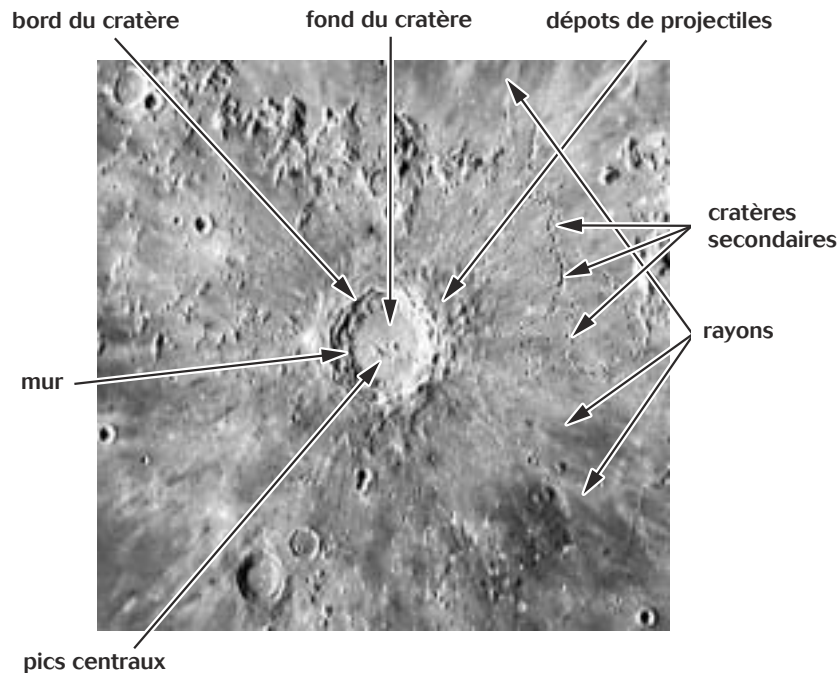
Les cratères d'impact

Une météorite de taille suffisante peut, en tombant sur Terre, laisser une empreinte sous forme de cratère d'impact. Il existe deux grands types de cratères : les cratères simples et les cratères complexes.



Les étapes de formation d'un cratère d'impact - source : Planétarium de Montréal.

Les cratères simples sont petits et de forme arrondie et leur profondeur est proportionnelle à leur diamètre. En s'approchant du sol, la pression d'air et la température augmentent autour de la météorite. Le sol se comprime et une onde commence à se propager, fissurant la surface. Une grande quantité de matière est alors expulsée, créant une cavité circulaire. Cette matière retombe tout autour du cratère naissant. Puis le sol fracturé glisse au centre du cratère en le remplissant partiellement.

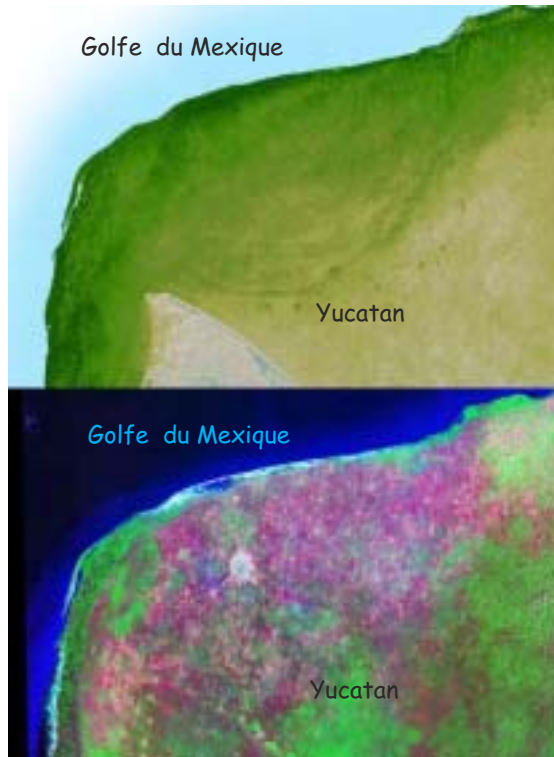


Les différentes parties d'un cratère d'impact - source : Planétarium de Montréal.

Les cratères complexes sont plus grands, car ils sont formés par des météorites beaucoup plus grosses. Le processus de formation de ces cratères est le même que celui des cratères simples. Cependant, à la fin du processus, la matière au centre remonte en surface pour former un pic ou, dans les cas extrêmes, un anneau de montagnes centrales. Le glissement de matière alors est si important que le cratère se remplit presque entièrement. Il en résulte donc de grands cratères peu profonds.

Des fragments de météorites ont été retrouvés dans les plus petits cratères. Mais la plupart du temps, l'énergie et la pression engendrées par la collision vaporisent entièrement la météorite. Cependant les roches excavées lors de l'impact subiront des changements irrémédiables. Ces roches altérées permettent d'affirmer qu'une cavité ancienne a bien été formée par la chute d'un corps céleste.

La disparition des dinosaures



Cratère de Chicxulub dans la péninsule du Yucatan au Mexique - source : Nasa

On a pu associer certaines grandes extinctions du passé à des impacts météoritiques. C'est le cas de la période entre le Crétacé et le Tertiaire, alors que les dinosaures ont été balayés de la surface de la planète.

Il y a 65 millions d'années, un astéroïde ou une comète de dix kilomètres de diamètre a percuté la Terre dans la région du Yucatan, au Mexique. L'impact perfora la croûte terrestre et provoqua des éruptions volcaniques, de violents tremblements de terre et des raz de marée.

Des feux de forêts à l'échelle continentale remplirent l'atmosphère de poussières et de suie, bloquant la lumière du Soleil. Les températures chutèrent dramatiquement, provoquant un ralentissement important de la photosynthèse et un effondrement des chaînes alimentaires. La nourriture se faisant

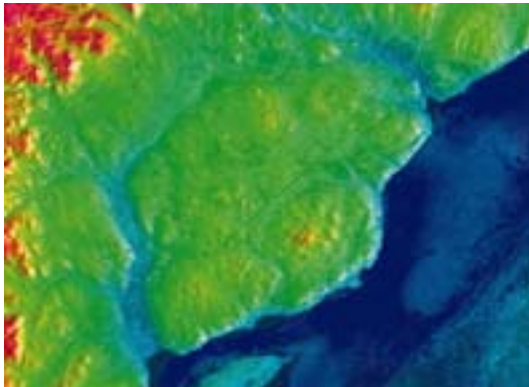
beaucoup plus rare, les plus grands animaux - les dinosaures étaient majoritairement herbivores - disparurent. Seul les petits animaux, dont les mammifères, purent survivre à cet hiver planétaire qui dura plusieurs années.

Manicouagan et Charlevoix

Parmi les cratères recensés jusqu'à ce jour dans le monde, 25 sont situés au Canada. De ce nombre 8 sont sur le sol québécois. Deux d'entre eux sont particulièrement intéressants.

Il y a d'abord le cratère Manicouagan. Il s'agit d'un des plus beaux exemples de cratère d'impact dans le monde. Il se serait formé il y a 214 millions d'années. À cette époque, les continents

étaient réunis en un seul super continent, la Pangée. La collision s'est produite à la fin de l'ère du Trias et serait elle aussi responsable d'une importante extinction de masse. À cette époque, une météorite de huit kilomètres de diamètre frappa la Terre avec une vitesse de 17 km/s. La déflagration fut si puissante qu'en cinq secondes à peine, un cratère de 30 kilomètres de diamètre et de 10 kilomètres de profondeur se forma. Dans les instants qui suivirent, le cratère atteignit un diamètre de 88 kilomètres avec un pic central qui forme aujourd'hui le mont Babel. L'érosion a grandement effacé les pourtours du cratère. Mais le détournement des rivières Manicouagan et Mouchalagane lors de la construction du barrage hydroélectrique Manic V a permis d'inonder les pourtours internes du cratère. Cela permet maintenant de bien distinguer la forme de ce cratère complexe. De nombreuses roches altérées, telles des impactites, ont été retrouvées en grande quantité sur le site.



L'astroblème de Charlevoix.
Source : www.astrosurf.com



Cratère de la Manicouagan .
Source : Nasa

L'astroblème de Charlevoix est un autre résidu d'un cratère complexe érodé avec le temps. Ce n'est qu'à la fin des années 60 que les scientifiques ont réalisé que cette région avait été formée par un impact météoritique. Il y a 360 millions d'années, une météorite de deux kilomètres de diamètre percuta la région à une vitesse de 20 km/s. Dans un premier temps, un cratère de 26 kilomètres de diamètre se forma. Par la suite, l'effondrement du sol entourant le cratère agrandit celui-ci jusqu'à atteindre un diamètre de 56 kilomètres. Le cratère est aujourd'hui délimité par la région de Baie Saint-Paul à une extrémité et les régions de La Malbaie et de Cap-à-l'Aigle à l'autre extrémité. Le mont des Éboulements représente le pic central de ce cratère. Il faut noter que près de la moitié de la structure du cratère est enfouie sous le fleuve Saint-Laurent. Encore ici, de nombreuses roches altérées par l'impact ont été retrouvées. Ce cratère nous a révélé de précieux renseignements sur les étapes de formation de ces structures.

Pour en savoir plus...

BENDJOYA, Philippe . *Collisions dans le système solaire*, Paris, Éditions Belin, 1998, 208 p.

LEVASSEUR-REGOURD, A.-Chantal et Philippe DE LA COTARDIÈRE. *Les comètes et les astéroïdes*, Paris, Éditions du Seuil, série points sciences, 1997, 243 p.

RONDOT, Jehan. *Les impacts météoritiques à l'exemple de ceux du Québec*, Beauport, Publications MNH inc., 1995, 157 p.

SÉGUIN, Marc et Benoît VILLENEUVE. *Astronomie et astrophysique*, Montréal, Édition du renouveau pédagogique, 1995, 550 p.

ZONDA, Brigitte et Monica ROTARU. *Les météorites*, Éditions Bordas, 1996, 128 p.