

METEORITES ET LEURS IMPACTS

Les collisions entre différents corps célestes sont bien plus nombreuses que ce que l'on peut penser. La ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter est objet constant de chocs entre astéroïdes. Ces impacts peuvent affecter la trajectoire des astéroïdes, qui peuvent alors être projeté en dehors de leur orbite originelle. C'est ainsi que certains corps célestes peuvent arriver sur Terre s'ils arrivent à franchir l'atmosphère terrestre. Mais ils peuvent croiser la trajectoire d'autres corps célestes comme des planètes telles que Mars, ou des satellites tels que la Lune.

Certaines météorites de la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech montrent les traces de ces anciens impacts, et nous vous proposons ici de les découvrir.

1- UNE CHUTE OBSERVEE CELEBRE et la découverte des corps extraterrestres

- **Météorites de l'Aigle en Basse-Normandie.** Dans l'après-midi du 26 Avril 1803, sur la commune de l'Aigle, une forte détonation se fait entendre, accompagnée d'une chute de près de 3000 fragments de roche. C'est cet évènement qui permettra de déterminer de l'origine extraterrestre des météorites. Les météorites de l'Aigle se révèlent être des chondrites ordinaires (groupe L6).



Météorite de l'Aigle, dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#6043 ; 9.1 x 6.5 x 4.8 cm), donnée par Lambotin.



Deux météorites de l'Aigle, dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24505 et 24506 ; 4.3 x 3.2 x 2.6 cm et 3.9 x 3.5 x 3.5 cm), données par G.J. Adam en 1881.

2- CRATERES D'IMPACT (ou "Astroblèmes") et leurs météorites

- **Météorite de Canyon Diablo, Arizona, USA.** La collection des MINES ParisTech comporte des météorites de Canyon Diablo de tailles exceptionnelles qui seront exposées à la plus grande joie de tous !

Le cratère géant de Canyon Diablo a été l'objet de nombreux débats. Les scientifiques ont longtemps pensé que ce cratère était le fait d'un volcan éteint. Pourtant, aucune roche volcanique n'a jamais été retrouvée, même si certaines roches pouvaient y ressembler. Ce n'est qu'en 1950 grâce à l'étude de Eugene Shoemaker qu'il a été déterminé que ce cratère avait pour origine la chute d'une importante météorite. Nous savons à présent que cette chute de météorite s'est produite il y a environ 50.000 ans, produisant un **cratère de 1,3 km de diamètre sur 175 m de profondeur**. La violence de l'impact correspond à une énergie dégagée **comparable à 1700 kilotonnes de TNT, soit 133 bombes d'Hiroshima** ! Les roches terrestres affectées par l'impact ont été transformées, certaines ressemblant à des brèches qui sont parfois retrouvées à l'aplomb de volcans, d'où la confusion originelle des scientifiques. De nombreuses météorites ont été retrouvées sur les plaines aux alentours du cratère. Ces météorites sont des météorites de fer (différenciées), et montrent d'incroyables lamelles entrecroisées ("Figures de Widmanstätten") après une attaque à l'acide.

C'est sur la météorite de 226,80 kg présentée au Musée de Minéralogie que Friedel confirma la présence de **minuscules diamants**, formés lors de l'impact. Pour se faire, il ordonna de faire scier une tranche, sur lequel il conduisit ses expériences, dont il publiera les résultats en 1892. Cette tranche est également en exposition au Musée.

Les météorites de Canyon Diablo ont également fait parties de nombreuses études qui ont permis **de déterminer l'âge de la Terre à environ 4,55 milliard d'années**, grâce à des analyses isotopiques Uranium-Plomb par Clair Cameron Patterson en 1956.



L'imposante météorite de Canyon Diablo de la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#10870, 48 x 37 x 35 cm, 226,80 kg).



Petite tranche de la météorite de Canyon Diablo prélevée sur l'imposant échantillon dans la photo précédente. C'est sur cet échantillon qu'ont été découverts parmi les premiers diamants provenant de météorites, dès 1892 (#6024 ; 14.8 x 11.5 x 3.4 cm). Le bloc original a été donné par Eckley Coxe en 1892.



Météorite de Canyon Diablo, dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24336 ; 13.6 x 11 x 4.5 cm).



Météorite de Canyon Diablo, dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24475 ; 10.5 x 9 x 4 cm), donnée par Eckley Coxe en 1892.

3- LES ROCHES TERRESTRES AFFECTEES : les impactites et les tectites

Quand une météorite de plusieurs kilomètres s'abat sur la Terre, l'énergie dégagée et l'impact à haute vitesse affectent le terrain terrestre, sous la forme d'un cratère, en affectant les roches du terrain recevant l'intrus. Le choc est si violent que parfois, les roches s'en trouvent grandement affectées : parfois elles forment des brèches, alors appelées impactites, parfois elles fondent et sont expulsées à l'extérieur du cratère, alors appelées tectites.

> LES IMPACTITES

Les impactites sont des roches terrestres qui sont modifiées suite à un impact avec une météorite. Ces roches sont généralement des brèches composées par une agglomération de retombées de fragments de roches et de poussières. Certains minéraux peuvent présenter des marques typiques de chocs, d'autres minéraux de haute pression peuvent se former (comme la coésite, la stishovite ou la baddeleyite), et certains endroits peuvent même être fondus, donnant du verre naturel.

* Les brèches d'impact terrestres

Les brèches d'impact terrestres peuvent parfois ressembler à du matériel volcanique. Pourtant, il s'agit bien d'un matériau qui a été fracturé et reconstitué après un impact de météorite.

- **L'astroblème de Rochechouart (cratère impactant Rochechouart et Chassenon en Haute-Vienne).** Il y a près de 200 millions d'années, une météorite de 1,5 km de diamètre percute la Haute-Vienne à une vitesse d'environ 20 km / s. Le cratère (encore appelé astroblème) formé est d'au moins 21 km de diamètre et ravage tout à plus de 100 km. Le choc détruit la météorite et les roches percutées. Des débris sont projetés à plus de 400 km. Sur place, un trou béant large de 25 km se creuse et des roches sont modifiées sur plus de 5 km de profondeur. Si l'érosion a complètement effacé le relief de cet impact, les roches touchées conservent l'empreinte de ce drame : elles sont fracturées,

fondues, et remélangées, et constituent des brèches. Suivant la localité, l'allure des brèches est différente. Nous vous en présentons quelques-unes dans la collection du Musée de Minéralogie.



Tranche sciée, non polie d'une brèche de type Rochechouart dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#83383 ; 17.5 x 10 x 6.2 cm).



Tranche sciée, polie et vernie d'une brèche de type Chassenon dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#80803 ; 15.7 x 9 x 1.3 cm).



Brèche de type Babaudus dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#80804 ; 12.5 x 9 x 8.5 cm).



Tranche sciée non polie d'une brèche de type Montoume dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#83386 ; 19 x 10 x 3 cm).

* **Les shatter cones** (aussi appelés "cônes de choc" ou "cones de percussion")

Ce sont des roches présentant une allure en "**queue de cheval**" et qui sont liées à des cratères d'impacts météoritiques (ou des explosions nucléaires, les énergies délivrées étant similaires). Si ce genre de roches est trouvée en place, elles prouvent l'origine météoritique plutôt que volcanique d'un cratère. Grâce à leur allure caractéristique, les shatters cones sont facilement identifiables sur le terrain (voir photo ci-dessous). En général, le cône pointe vers le centre de l'impact, qui se situe généralement à plusieurs kilomètres du cône lui-même.



Shatter cone de Vista Alegre au Brésil, de la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech, donné par J. Touret (#80807 ; 16 x 12.6 x 4 cm)

> LES TECTITES

Les tectites sont des roches terrestres fondues suite à un impact avec une météorite et éjectées du cratère, parfois sur de longues distances. Elles sont faites de verre naturel, et sont de couleur noire, brune, verte ou grise. Il existe de grands champs de tectites, tel que celui du Nördlinger Ries au sud de l'Allemagne ou celui de la Baie de Chesapeake en Virginie (USA), qui se retrouvent à plus de 400km du cratère créé par la météorite.

* **Le terme de moldavite** est d'ailleurs réservé aux tectites de couleur verte du champ de tectites lié au cratère du Nördlinger Ries.

* **Le terme de verre lybique** est réservé à une tectite retrouvée dans la grande mer de sable du désert de Libye, généralement de couleur jaune clair. Ce verre lybique aurait été généré par une météorite qui aurait explosé à une altitude d'environ 10 à 20km, provoquant une radiation de chaleur qui aurait fait fondre le sable environnant à une température d'environ 2000°C. Le verre lybique se serait formé il y a environ 29 millions d'années.



Moldavite dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#15675 ; 4.6 x 3.4 x 1.8 cm).



Verre lybique dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#15457 ; 12.2 x 6.5 x 6.2 cm).

* Quelques autres tectites :



Tectites du Cambodge dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#6048 ; 5.4 x 2.8 x 1.6 et 9.3 x 2 x 1.9 cm). Ces tectites ont été données au Musée de Minéralogie par le célèbre géologue Alfred Lacroix.



Tectites du Cambodge dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#6049 ; 7.4 x 2.4 x 2 cm, 4.9 x 4 x 2.5 cm et 6.7 x 3.6 x 2.5 cm). Ces tectites ont également été données au Musée de Minéralogie par le célèbre géologue Alfred Lacroix.

4- LES METEORITES BRECHIQUES : trace d'un ancien impact

> DES FRAGMENTS DE L'ASTEROÏDE VESTA

Les météorites classées dans la famille des météorites différenciées dénommées Eucrite, Diogénites et Howardites se sont formées à partir d'une activité magmatique et d'un impact provoquant des **brèches à la surface d'un astéroïde, probablement de l'astéroïde Vesta.**

* **Les Eucrites** : Les eucrites sont en général principalement constituées d'une inter-croissance bréchique de pyroxènes (principalement de la pigeonite) et du plagioclase (anorthite).

- **Eucrite de Juvinas, dans l'Ardèche.** Le 15 juin 1821, une "boule de feu" précédant une détonation est observée aux environs de Juvinas, en Ardèche. Une météorite d'environ 90kg (masse retrouvée au sol) vient de s'écraser. L'origine de cette météorite est probablement un "morceau" de l'astéroïde Vesta (deuxième plus gros de la ceinture d'astéroïdes), **détaché lors d'un impact avec un autre astéroïde.** Si l'âge de formation de l'astéroïde Vesta est estimé à 4,56 Milliards d'années, comme les autres astéroïdes et planètes du système solaire, le choc ayant produit cet éjecta daterait d'environ 10 à 12 Ma, s'écrasant sur la Terre il y a près de 2 siècles. Lors de son extraction à 160 cm de profondeur, la météorite a été cassée en plusieurs morceaux. Cette météorite est une météorite différenciée (achondrite) de type **eucrite**.



Recto et verso de la météorite de Juvenas dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24536; 4.4 x 4 x 2.8 cm), donnée par G.J. Adam en 1881.

- **Eucrite de Jonzac, en Charente-Maritime.** Le 13 Juin 1819, une "pluie de météorites" est observée, et deux roches sont retrouvées. La collection MINES ParisTech compte un échantillon de cette météorite historique.



Météorite de Jonzac, dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24539 ; 3.2 x 2.3 x 1.9 cm), donnée par G.J. Adam en 1881.

* **Les Diogénites** : l'origine de ces météorites serait de la croûte profonde de l'astéroïde Vesta. Elles sont composées de roches ignées d'origine plutonique, qui se sont solidifiées lentement en profondeur de la croûte de Vesta, formant des cristaux de plus grandes tailles que ceux constituant les eucrites. Ces cristaux sont principalement des orthopyroxènes (riches en Mg) avec un peu de plagioclase et d'olivine.

- **Diogénite de Tataouine en Tunisie.** Cette chute observée le 27 Juin 1931 à 1h30 du matin. Cette météorite de Tataouine est incroyable car elle est principalement composée de nombreux et larges cristaux d'orthopyroxène. La plupart de ces cristaux montrent des signes de déformation par choc, qui ont été par la suite rééquilibrés et guéris.

* **Les Howardites** : les howardites sont des brèches composées principalement de fragments d'eucrites et de diogénites, ainsi que d'autres matériaux tels que des clastes de chondrites carbonées. Elles contiennent également des signes de choc ou d'impact, telles que des sphérules vitreuses.

- **Les Howardites du Teilleul, Basse Normandie.** En ce jour de la célébration de la prise de la Bastille de l'année 1845, une détonation se fait entendre. Une seule météorite a été retrouvée, qui a été séparée en plusieurs morceaux pour différentes collections, dont un qui sera déposé à l'École des Mines en 1845 par Retout-Dary.



Recto et verso d'une des météorites du Teilleul dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#6047 ; 4.4 x 3 x 2.6 cm), donnée par Retout-Dary en 1845.

> DES BRECHES FERRIFERES et SILICATEES

* **Les Méso sidérites** : ces rares météorites qui témoignent d'un impact entre un corps métallique et un astéroïde... pour arriver finalement sur la Terre. Ce sont des brèches mélangeant des parties métalliques (nickel - fer) et des parties silicatées de deux corps qui se sont entre-choqués. La collection de MINES ParisTech en présente provenant de diverses chutes :

* Méso sidérites de Rittersgrün, en Allemagne; de Vaca Muerta au Chili; de Morristown, et de Crab Orchard, dans le Tennessee (USA); d'Estherville dans l'Iowa (USA), météorite de Mincy, Taney Co. dans le Missouri (USA).



Météorite de Rittersgrün, dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24282 ; 5 x 3.4 x 3.3 cm), provenant du leg d'Emile Bertrand en 1910.

Météorite de Morristown dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24326 ; 4.6 x 3.9 x 3.1 cm).



Recto et verso d'une des météorites de Vaca Muerta dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24372 ; 7.5 x 6.3 x 2.3 cm), donnée par Domeyko.



Deux des météorites d'Esterville dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24312 ; 3.2 x 1.8 x 1.3 cm et 2.6 x 2 x 1.1 cm), données par le Dr. Brezina en 1892.



Une des météorites de Mincy dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#6036 ; 10.8 x 9 x 1 cm), donnée par Eckley Coxe en 1893.

> UNE METEORITE DANS UNE METEORITE

* **L'exemple de la météorite de Saint-Mesmin, dans l'Aube.** Le 30 Mai 1866, une remarquable météorite finit sa course à Saint-Mesmin. Cette brèche chondritique provenait de la surface de l'astéroïde LL, astéroïde mesurant environ 250km de diamètre. Constamment bombardé par des projectiles, la surface de cet astéroïde était constitué d'un régolithe bréchiue, formé d'un mélange bréchiue de matière consolidée entre des terrains profonds et plus superficiels. Il y environ 1,3 milliard d'années, l'astéroïde est frappé par une chondrite dont un fragment est piégé par le régolithe, le tout éjecté jusqu'à parvenir sur la Terre. On repère le morceau de chondrite à l'oeil, car il est plus sombre avec des reflets métalliques. Cette météorite est une chondrite, LL6.



Recto et verso de la météorite de Saint-Mesmin dans la collection du Musée de Minéralogie MINES ParisTech (#24538 ; 2 x 1.5 x 1.2 cm), donnée par G.J. Adam en 1881.

5- LES METEORITES MARTIENNES

Si on retrouve des bouts de la planète Mars sur la Terre, c'est suite à des impacts entre astéroïdes et la planète Mars, éjectant des morceaux de la surface plus ou moins profonde de Mars. Grâce à ces collisions dramatiques, nous avons pu récolter sur Terre différentes types de météorites martiennes, représentant différentes formations sur Mars. Mars étant une planète différenciée (avec une croûte, un manteau et un noyau), les météorites appartiennent au groupe des achondrites.

* **Les Shergottites** : Ce sont des roches ignées martiennes, vraisemblablement arrachées à des vitesses supérieures à la vitesse de libération de Mars (5,0km/s) à proximité de terrains volcaniques, suite à un impact. Leur âge de formation est très jeune (150 à 200 millions d'années) et ces météorites montrent souvent des traces de métamorphisme de choc. Leur nom est tiré de la 1ère chute de ce type, tombée en 1865 près du village de Shergotty, en Inde.



Météorite martienne découverte par le chasseur de météorite Luc Labenne en Oman en Novembre 2010. © Luc Labenne de la Sté Labenne Météorite

* **Les Nakhalites** : Ce sont des roches formées à partir d'un magma basaltique martien, il y a environ 1,3 Milliards d'années. Elles auraient été éjectées de la surface martienne il y a environ 10,75 millions d'année à la suite d'un impact avec un astéroïde.

* **Les Chassignites** : La 1ère Chassignite, appelée météorite de Chassigny, est tombée à côté de Chassigny en Haute-Marne, le 3 décembre 1815. Une seule autre chassignite a été découverte au Maroc (ou dans le Sahara de l'Ouest) en Août 2000. La chassignite est une roche ignée, formée au fond d'une chambre magmatique (cumulat), principalement composée d'olivine (dunite). Leur origine est plus profonde que les Nakhalites, mais certainement provenant de terrains similaires, car leur âge de formation est similaire (environ 1,3 milliards d'années).

Il existe également d'autres météorites martiennes, comme la météorite de Allan Hills 84001 (une orthopyroxénite - roche ignée composée principalement d'orthopyroxène) et possiblement la météorite Kaidun, tombée au Yémen en 1980, qui proviendrait de la lune martienne de Phobos, et qui est une chondrite carbonées.

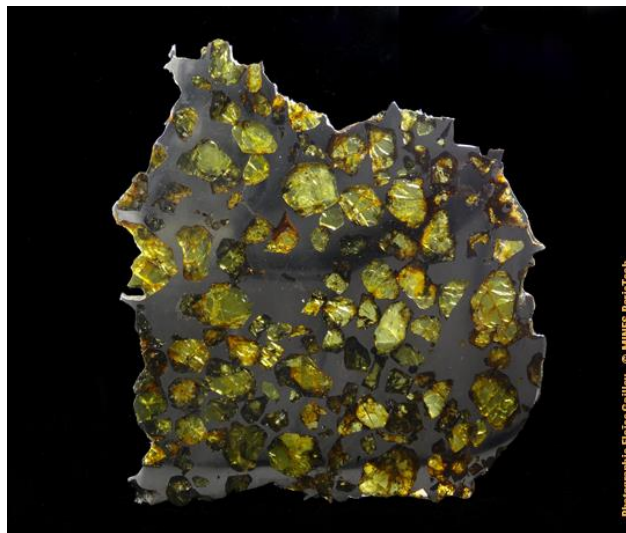
6- LES METEORITES LUNAIRES

Tout comme pour les météorites martiennes, on retrouve des « bouts de Lune » sur la Terre suite à des impacts d'astéroïdes avec la Terre.



Météorite lunaire découverte par le chasseur de météorite Luc Labenne en Oman le 12 avril 2008. © Luc Labenne de la Sté Labenne Météorite

**VENEZ RETROUVER "EN VRAI" TOUTES CES METEORITES ET ROCHES D'IMPACT
AU MUSEE DE MINERALOGIE MINES PARISTECH**



Pallasite de la collection du Musée de Minéralogie, en exposition permanente (#76760 ; 13.6 x 13 x 0.2 cm).

Musée de Minéralogie MINES ParisTech

60 boulevard Saint Michel

75006 Paris

Ouvert :

Mardi - vendredi : 13h30 - 18h

Samedi : 10h - 12h30 et 14h - 17h