

Bienvenue sous la voûte du planétarium par une nuit pure et sombre. Notre salle de 138 places est prête pour l'émerveillement, la découverte de l'astronomie, l'observation du ciel étoilé. Le planétarium nous invite au voyage, au rêve, nous permet d'apprendre et de réfléchir sur les représentations de l'Univers que l'humanité s'est faites dans son histoire jusqu'aux théories actuelles.

Une séance de planétarium représente un moment privilégié de calme et d'apaisement. Nous demandons donc aux groupes de respecter ce moment de tranquillité pendant la nuit dans laquelle le planétarium nous plonge.

# Enquête sur la mort des dinosaures

## L'hypothèse astronomique

À PARTIR DE 9 ANS

### Le thème de la séance

Il y a 65 millions d'années, les dinosaures ainsi que de nombreuses autres espèces disparaissaient de la surface de la Terre. Parmi les différentes hypothèses avancées pour expliquer ces disparitions, l'une d'entre elles trouve son origine dans le ciel : notre planète aurait peut-être été percutée à cette époque par un ou plusieurs objets célestes. Quels sont les arguments scientifiques qui permettent d'accorder un quelconque crédit à cette hypothèse ? Des objets – météorites, astéroïdes ou comètes – peuvent-ils ainsi entrer en collision avec les planètes ? Quelle est leur nature ? Sommes-nous aujourd'hui à l'abri ?

### Le déroulement de la séance

Après une brève présentation du principe de fonctionnement du planétarium par l'animateur, la nuit tombe progressivement. On se retrouve ainsi à la campagne par une

belle nuit d'été, loin de toute source de lumière parasite. C'est l'occasion rêvée de découvrir des constellations comme la Grande Ourse, le Grand Triangle d'été ou Cassiopée. La Voie Lactée passe très haut dans le ciel. On en profite pour définir ce que sont les étoiles, pour découvrir les distances qui nous en séparent. La sensation qui domine alors est celle d'un ciel immensément grand, figé, où il ne se passe jamais rien, et pourtant... Une étoile filante vient rompre ce calme apparent, semant le trouble dans nos certitudes. Nos ancêtres avaient-ils raison de craindre que le ciel ne leur tombât sur la tête ?

A la fin de la période que les géologues appellent le Crétacé (il y a 65 millions d'années), la vie prolifère dans les océans, ainsi que sur les continents. Pourtant plus de 70 % de la faune et de la flore vont périr. Les fameux dinosaures, qui règnent en maîtres sur la planète depuis plus de

165 millions d'années, vont eux aussi disparaître. Seule une catastrophe d'ampleur planétaire pourrait expliquer une telle hécatombe, mais quelle catastrophe ?

Diverses hypothèses ont été avancées pour tenter d'apporter une réponse. L'une d'entre elles stipule qu'elle a pu être provoquée par la chute sur Terre d'objets célestes.

A la manière d'une enquête, nous suivons pas à pas cette piste astronomique, aussi bien dans le ciel que sur Terre. Nous nous trouvons dans la situation d'un enquêteur qui, se retrouvant face au corps sans vie d'une victime, doit découvrir tous les indices laissés sur place par le meurtrier, les interpréter afin de pouvoir le démasquer : cheveux, traces de sang, empreintes digitales ou de pas, fibres de vêtements... Certes si le meurtrier a disparu corps et biens depuis longtemps, nous ne pourrons avoir ses aveux. Mais nous pourrons nous forger une intime conviction, laquelle

pourra se transformer en certitude si bon nombre d'indices font converger les soupçons vers un seul coupable. La preuve formelle de son identité pourra alors être établie.

Ces indices astronomiques concernent par exemple la couche sédimentaire appelée *couche C/T* (pour Crétacé/Tertiaire), contenant une proportion anormalement élevée en iridium, ainsi que des particules et des minéraux montrant qu'il y a bien eu à cette époque une arrivée de matériel d'origine extraterrestre sur Terre.

Comment de tels objets peuvent-ils ainsi tomber sur les planètes, quelle est leur taille, leur nature ?

Après avoir abordé les étoiles filantes, les météorites, on se tourne du côté des astéroïdes et des comètes. Ces objets ont de tous temps, laissé de nombreuses traces de leurs collisions sur la plupart des corps du Système solaire : ce sont les cratères. C'est bien la preuve que ces projectiles célestes peuvent représenter de réels dangers. Mais qu'en est-il de notre planète ? En fait, elle aussi présente les stigmates laissés par d'anciennes rencontres brutales avec de

gros corps célestes. Il nous faut alors trouver le cratère, contemporain des extinctions de la fin du Crétacé, et dont la taille pourrait prouver la chute sur Terre d'un tel objet dont les effets directs ou induits auraient été catastrophiques. Notre enquête va nous conduire au Mexique...

Après avoir mis en évidence les dangers que le ciel peut nous faire courir, la fin de la séance se veut malgré tout rassurante. Les objets du ciel qui représentent des menaces potentielles sont relativement peu nombreux et assez bien connus. Si le risque est réel, les statistiques nous enseignent que de tels événements sont relativement rares, plus rares en tout cas que dans la prime jeunesse du Système solaire... La séance se poursuit par une observation du ciel. L'animateur présente les principales constellations du soir même, les étoiles remarquables ainsi que les planètes éventuellement visibles. Puis cette séance s'achève sur un temps de discussion avec le public, avec la possibilité de revenir sur les notions abordées précédemment.

**Quelques informations complémentaires** (à titre de pistes pour la préparation ou le suivi pédagogique de la séance)

### La Terre à la fin du Crétacé (cadre paléogéographique)

Il y a 65 millions d'années à la fin du Crétacé (marquant la fin de l'Ere secondaire) et juste avant que ne débute le Paléocène (à l'aube de l'Ere tertiaire), la Terre n'a pas encore l'aspect que nous lui connaissons aujourd'hui. L'Afrique continue de s'éloigner des Amériques, élargissant progressivement le tout jeune océan Atlantique. Le niveau des mers est 120 m plus élevé : le climat, qui était alors globalement plus chaud qu'aujourd'hui, aurait provoqué la fonte d'une bonne partie de la glace des pôles.

### Les dinosaures et les crises biologiques

Si la crise de la limite Crétacé/Tertiaire est souvent évoquée pour illustrer les extinctions massives, on sait que notre planète a connu au moins 5 crises biologiques majeures dans les 600 derniers millions d'années de la Terre :

Périodes géologiques concernées	C'était il y a...	Nbre d'espèces éliminées	Principaux groupes vivants ayant souffert de la crise
limite Crétacé/Paléocène (marquant la fin de l'Ere secondaire)	65 millions d'années	70 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les coraux</li> <li>• les ammonites (†)</li> <li>• le plancton</li> <li>• les reptiles (les dinosaures (†))</li> </ul>
limite Trias/Jurassique (au début de l'Ere secondaire)	205 millions d'années	62 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les invertébrés marins</li> <li>• les reptiles</li> </ul>
limite Permien/Trias (marquant la fin de l'Ere primaire)	250 millions d'années	95 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les coraux</li> <li>• le plancton</li> <li>• les poissons</li> <li>• les reptiles</li> </ul>
limite Dévonien/Carbonifère (durant l'Ere primaire)	367 millions d'années	DND	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les coraux</li> <li>• les invertébrés</li> <li>• les plantes</li> <li>• les poissons</li> </ul>
limite Ordovicien/Silurien (durant l'Ere primaire)	438 millions d'années	57 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les coraux</li> <li>• les brachiopodes</li> <li>• les trilobites (†)</li> </ul>

(†) : créatures dont les représentants ont tous disparu ; DND : donnée non disponible

NB: Il ne faudrait cependant pas en conclure que chacune de ces crises ait eu pour origine la chute d'un astéroïde sur Terre.

Si la crise biologique de la fin du Crétacé est assez bien connue du grand public (grâce à la fascination qu'exercent sur nous les dinosaures), on peut noter que celle qui s'est déroulée à la fin du Permien, il y a 250 millions d'années – bien que moins connue – a provoqué la disparition de 95 % des espèces vivantes !

### Autres causes pouvant expliquer la mort des dinosaures et d'autres espèces

En plus de la théorie météoritique, d'autres hypothèses ont été avancées pour expliquer la disparition des dinosaures comme :

- une augmentation exceptionnelle de l'activité des volcans qui aurait libéré beaucoup de gaz toxiques
- l'atmosphère de la Terre serait devenue irrespirable par les flatulences des dinosaures, ce qui aurait causé la perte de nombreuses espèces (!)
- les gaz délétères d'une comète auraient empoisonné l'atmosphère terrestre
- le taux de reproduction des espèces disparues serait passé en deçà d'un seuil plancher
- la Terre aurait subi une modification de son orbite ou de son champ magnétique terrestre
- la nourriture se serait raréfiée du fait de la trop forte population des dinosaures
- le climat se serait trop brutalement refroidi
- le niveau marin aurait subi de fortes perturbations trop rapides qui auraient réduit l'espace habitable de nombreuses espèces

### Couche C/T et Iridium

Partout à la surface de notre planète, les terrains marquant la limite entre le Crétacé et le Tertiaire présentent, quand ils n'ont pas été érodés, une couche de sédiments épaisse de quelques centimètres (c'est la fameuse *limite C/T*). S'il est possible de trouver des vestiges de dinosaures sous cette couche (donc dans les terrains âgés d'au moins 65 Ma), on n'en trouve plus aucune trace en revanche dans les terrains plus récents qui se trouvent au-dessus, preuve que les dinosaures n'existaient plus sur Terre.

C'est dans ces sédiments que Luis Alvarez et ses collaborateurs ont

découvert en 1980, une proportion anormalement élevée d'un métal très rare à la surface de la Terre : *l'iridium*. Dans ce cas, la quantité totale d'iridium qui s'est alors déposée correspondrait à 500 000 tonnes environ. Si on sait qu'il est présent en quantité relativement importante dans certains matériaux issus de l'activité volcanique, tous les volcans du monde – même s'ils s'étaient réveillés simultanément – n'auraient pu en fournir une telle quantité. En revanche, de nombreux types de météorites présentent une concentration relativement importante en ce métal. Dans ce cas, on imagine facilement l'apport sur Terre de cette grande quantité de cette matière extraterrestre consécutivement à la chute d'une ou de plusieurs objets de grosse taille, dont la masse aurait été au bas mot d'un demi million de tonnes !

### Couche C/T et marqueurs extraterrestres

Si l'iridium nous place déjà sur la piste astronomique quant à la disparition des dinosaures, d'autres éléments découverts dans les sédiments de la couche C/T semblent confirmer un tel apport à cette époque. Les principaux sont des minéraux magnétiques sans équivalent dans les roches terrestres comme les *magnétites nickélicifères* (microcristaux de fer très oxydé et de nickel). Ceux-ci ont brûlé à plus de 1300°C lors de la traversée de l'atmosphère avant de toucher le sol et se sont oxydés. Il s'agit là d'un marqueur indiscutable de la matière extraterrestre.

### Couche C/T et indices d'impact

Le simple fait de retrouver de la matière extraterrestre sur Terre ne prouve pas qu'il y a eu une collision avec notre planète. En fait, cette preuve est apportée par la découverte d'autres éléments, mis à jour eux aussi dans la couche C/T. On distingue par exemple :

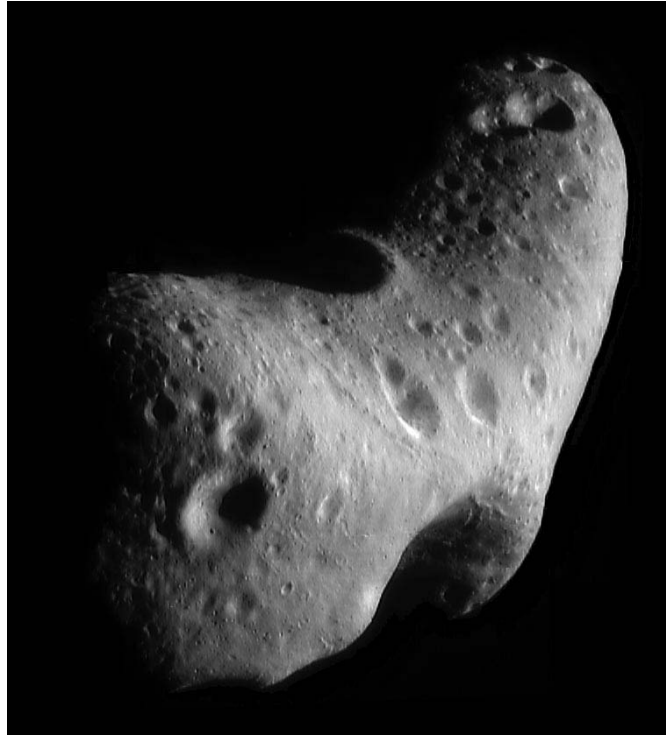
- *des tectites* : ce sont des billes de verre plus ou moins déformées qui correspondent à des projections de roche fondue, consécutives à un impact de grande violence ;
- des minéraux qui ont été déformés (ou « choqués », comme le *quartz*) par l'onde de choc provoquée par un violent impact météoritique, peut déformer le réseau cristallin de certains minéraux. Les éruptions volcaniques ou les tremblements de Terre en sont bien incapables.

### Météorites et étoiles filantes

Les étoiles filantes qu'on peut observer dans le ciel sont la preuve que la Terre est bombardée en permanence par des objets venus de l'espace : ce sont des phénomènes lumineux fugaces qui résultent de la traversée à très grande vitesse de l'atmosphère terrestre par de tels objets (10 à 70 km/s). La quantité moyenne de matière extraterrestre que rencontre la Terre chaque année est estimée à 100 000 tonnes. Dans la plupart des cas, ces objets ne sont que de petites particules aussi légères que des cendres de cigarettes et donc inoffensives. Cependant, ces objets peuvent être plus gros et surtout de masse plus importante, on les appelle des météorites. Celles-ci peuvent donner naissance à des phénomènes lumineux spectaculaires appelés *bolides*. On estime qu'au delà de quelques mètres de diamètre, ces météorites sont peu ou prou ralenties par l'atmosphère, ce sont elles qui peuvent représenter un danger pour la Terre. En heurtant notre planète, elles peuvent occasionner de gros dégâts, en laissant en particulier dans le paysage une cicatrice circulaire appelée *cratère d'impact*.

### Les astéroïdes

Les étoiles filantes correspondent à des phénomènes lumineux provoqués par la rentrée dans l'atmosphère terrestre des particules la plupart du



*L'astéroïde Eros (n° 433) – cette immense montagne volante de 19 km de long – peut s'approcher à quelque 22 millions de kilomètres de la Terre comme ce fut le cas en 1975, et cela se reproduira en 2056. (Photographie NASA/JPL)*

temps très petites. Pourtant, à des centaines de millions de kilomètres de la Terre tournent autour du Soleil des objets dont la taille est sans commune mesure avec les plus fines météorites. On appelle ces objets les astéroïdes. Le premier d'entre eux, *Cérès*, a été découvert le 1<sup>er</sup> janvier 1801 par Giuseppe Piazzi. Il tourne à plus de 410 millions de kilomètres du Soleil et mesure 1025 kilomètres de diamètre (soit la dimension de la France !).

Deux siècles plus tard, plusieurs milliers de ces objets sont connus dans le Système solaire (fin août 2000, on en comptait 17349).

Plusieurs dizaines d'entre eux ont une taille dépassant 200 km !

Si la plupart de ces astéroïdes se trouvent principalement entre les planètes Mars et Jupiter, dans la fameuse ceinture d'astéroïdes, un bon nombre d'entre eux (au 09 octobre 2000, on en comptait 273) ont des orbites qui peuvent les amener à croiser celle de notre planète : on les appelle les *géo-*

*croiseurs*. Ce sont eux qui représentent la plus grande menace pour notre planète.

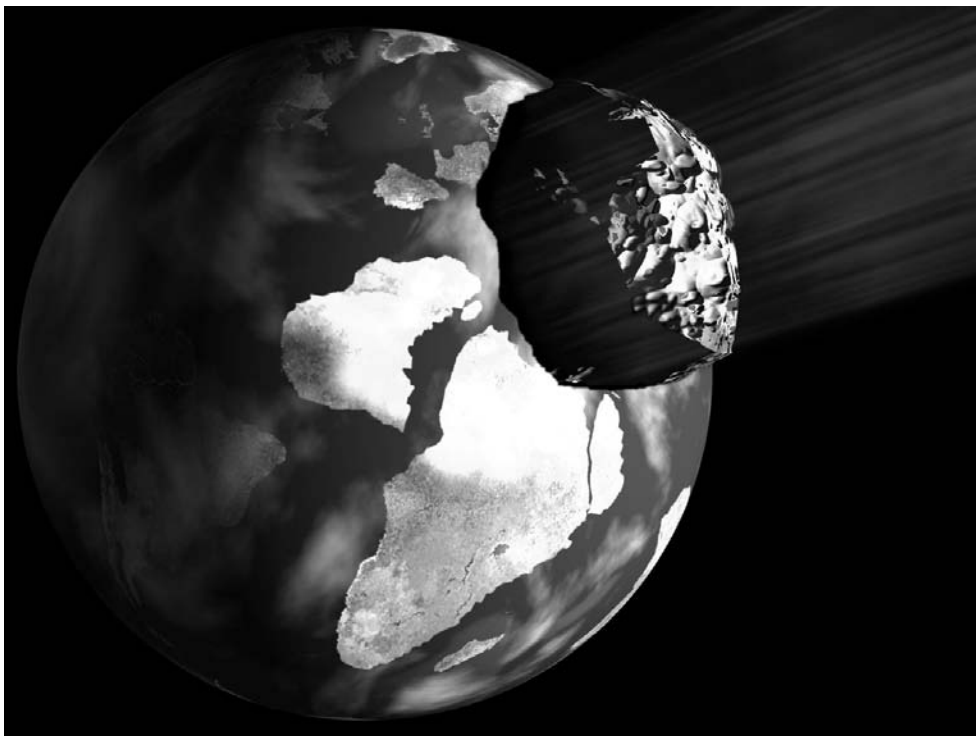
#### **Les comètes**

Il existe une autre catégorie d'objets pouvant également présenter une menace pour la Terre. Ce sont les comètes, comme celle apparue dans notre ciel durant le printemps 1996: la comète *Hyakutake*. Toutes les comètes connues ainsi que les astéroïdes, appartiennent au Système solaire. Elles sont par nature, proches des astéroïdes. La différence réside dans le fait que leur noyau solide (relativement petit, de l'ordre de quelques kilomètres) est recouvert d'une croûte de glace d'eau et d'autres composés qui, au voisinage du Soleil, éjectent une atmosphère passagère de gaz et de poussières à l'aspect de chevelure diffuse. C'est cela qui les rend beaucoup plus facilement observables que les astéroïdes, à distance équivalente. Cette chevelure s'étire dans la direction

opposée au Soleil, parfois en une double queue spectaculaire.

#### **La Lune et les planètes**

La Lune est l'astre le plus proche de notre planète : 380000 km nous en séparent. On peut ainsi observer à sa surface des zones claires, d'autres sombres. Ces marques, quelles qu'elles soient, sont autant de cratères d'impact prouvant combien la Lune a pu être bombardée par des projectiles de toutes tailles tombés du ciel. Les zones sombres que l'on peut y observer à l'œil, ne sont rien d'autre que des cratères d'impact de très grande taille, qui ont été remplis par de la lave sombre. Nos ancêtres pensaient qu'il s'agissait d'océans et les ont pour cette raison appelés les *mers*. Elles recouvrent 16 % de sa surface. Et les autres cratères ? On estime qu'il y en a plus de 300000 dont la taille est d'au moins 1 km, rien que sur la face visible de la Lune ! En résumé, on pourrait dire de la surface lunaire qu'elle n'est qu'un vaste champ de bataille.



*La collision entre un astéroïde de grosse taille avec notre planète est-il à l'origine de l'extinction massive d'espèces à la fin du Crétacé, dont celle des dinosaures ? (Illustration CRPCSTI - ALIAS)*

En fait, sur des astres sans atmosphère, comme la Lune, ces projectiles tombent sans même avoir été ralentis. Leur vitesse est telle (entre 10 et 70 km/s soit de 36000 à 252000 km/h), que leur chute peut provoquer de gros dégâts

En réalité, tous les corps du Système solaire (planètes, satellites, astéroïdes) ont subi un intense bombardement météoritique, ce qui est plus particulièrement visible sur ceux qui ont une surface rocheuse et sans atmosphère.

On sait aujourd'hui que les membres du Système solaire – planètes, satellites et astéroïdes – ont subi ce *bombardement météoritique*. Mais ce bombardement s'est surtout produit il y a plusieurs milliards d'années, à une époque où le Système solaire, encore tout jeune, était parcouru par de nombreux déchets issus de sa formation. Les cratères météoritiques sont donc les témoins du passé tumultueux de notre Système solaire.

#### **Et sur Terre ?**

La Terre n'a pas été épargnée. Sa surface a aussi reçu des projectiles célestes, mais notre planète est « vivante » : l'érosion, la tectonique des plaques ... concourent inéluctablement à faire disparaître toutes traces de son passé, et notamment les cratères d'impact. Au total, ce sont plus de 150 cratères d'impact qui ont été répertoriés sur ses continents. Ce qui ne veut pas dire que la Terre n'ait été heurtée que 150 fois. Elle a même dû subir le même intense bombardement météoritique que la Lune ou Mercure. Ces 150 impacts sont les seules preuves de collisions célestes que le temps ait bien voulu nous transmettre. De plus, on ne sait rien des cratères qui pourraient exister dans les fonds marins, mais on peut estimer statistiquement qu'ils sont 3 fois plus nombreux que les cratères connus en surface étant donné que les océans occupent actuellement les trois quarts de la surface terrestre.

#### **Les traces du coupable et les effets de la collision**

Dans le courant des années 80, un cratère déjà répertorié – celui de *Chicxulub* – fut reconnu comme étant un cratère d'impact. Empiétant sur la péninsule de l'actuel Yucatán (province du Mexique), il mesure plus de 180 km de diamètre. Il est enfoui sous 1000 mètres de sédiments. Il s'est formé précisément il y a 65 millions d'années, à la faveur de la collision d'un astéroïde (ou d'une comète) mesurant de 10 à 20 kilomètres de diamètre. Les conséquences de cet impact auraient été catastrophiques : onde de choc, raz de marée, effroyable séisme, retombées de débris incandescents, projections de poussières dans l'atmosphère atténuant la lumière du Soleil... Au demeurant, l'équilibre biologique de la planète aurait été profondément bouleversé au point de provoquer la disparition d'un nombre considérable d'espèces vivantes, en particulier celle des dinosaures.

**Taille et âge de quelques cratères terrestres :**

Cratères	diamètre	âge
Meteor Crater (Arizona - USA)	1,186 km	49000 ans
Roter Kamm (Namibie - Afrique)	2,500 km	5 Ma
New Québec (Québec - Canada)	3,440 km	1,4 Ma
Bosumtwi (Ghana - Afrique)	10,500 km	1,3 Ma
Deep Bay (Saskatchewan - Canada)	13 km	100 Ma
Aorounga (Tchad - Afrique)	17 km	200 Ma
Gosses Bluff (Australie)	22 km	142,5 Ma
<b>Rochechouart (France)</b>	23 km	186 Ma
Ries (Allemagne)	24 km	14,8 Ma
Manicouagan (Québec - Canada)	100 km	212 Ma
Vredefort (Afrique du sud - Afrique)	140 km	1970 Ma
<b>Chicxulub (Yucatan - Mexique)</b>	180 km	65 Ma
Sudbury (Ontario - Canada)	200 km	1850 Ma

**Pour en savoir plus**

**Livres :**

- *Carnets d'Histoire naturelle: les météorites* - rédaction collégiale, édité par le Muséum National d'Histoire Naturelle - Bordas (1996)
- *La mort des dinosaures, l'hypothèse cosmique*, par Charles Frankel - Editions Masson et Points Science (1996)
- *La fin tragique des dinosaures*, par Walter Alvarez - Editions Pluriel (1998)
- *Les comètes et les astéroïdes*, par Annie-Chantal Levasseur-Regour et Philippe De La Cotardière - Editions Seuil, coll. Points Sciences (1997)

**Magazines :**

- Dossier hors série Pour la Science n°28 - Juillet 2000
- Science & Vie Junior n°130 pp.56-67- Juillet 2000

**Sites internet (tous en français) :**

- La fin des dinosaures (arguments pour la thèse astronomique, nombreux liens):  
<http://www.inrp.fr/Acces/Biogeno/themes/crise-ct/web.htm>
- Les astéroïdes géocroiseurs:  
<http://astro.geoman.net/fr/astro/dossiers/6/dossier.html>
- Les cratères météoritiques terrestres:  
[http://gdinfo.agg.nrcan.gc.ca/tdm.html?crater/world\\_craters\\_f.html](http://gdinfo.agg.nrcan.gc.ca/tdm.html?crater/world_craters_f.html)
- Le cratère français de Rochechouart:  
<http://www.brgm.fr/rochecho.htm>