Cratères dans le système solaire

Pratiquer une démarche scientifique autour du thème de la formation des cratères sur la Lune.

Tel Galilée au 17ème siècle, l'observation au travers d'un télescope ou d'une lunette des reliefs et cratères lunaires reste pour beaucoup un événement marquant et interrogeant. Marquant par la beauté et la diversité des observations faites mais également interrogeant par leurs origines. De nombreuses questions, ayant animées le monde scientifique par le passé peuvent alors germer. C'est sur certaines de ces questions que cette fiche propose de faire travailler les élèves.

Notions et compétences requises :

- S'informer, savoir mener une petite recherche documentaire seul.
- Faire preuve d'esprit critique.
- Réaliser une expérience mettant en œuvre un protocole simple (5 à 6 étapes)
- Rédiger un court texte cohérent et ponctué.

Objectif :

Mener une démarche scientifique (observer, émettre une hypothèse, expérimenter, rédiger un petit compte-rendu d'expérience, confronter des résultats expérimentaux à une hypothèse, etc.) autour de l'astronomie.

Finalité :

- Répondre à diverses questions telles que : Quelle est l'origine des cratères sur la Lune ? A quoi sont-ils dus ?
- Y a-t-il vraiment des mers sur la Lune ? Quelle est l'origine des cratères présents sur Terre ?
- Cadre de l'activité : Dans le cadre d'un club astronomie. 10 élèves de la 5° à la 3°. 1 heure hebdomadaire au collège. 4 à 5 sorties d'observations sur l'année.

Niveau technique : initiation

Notions et compétences à acquérir :

Notions :

- Comprendre la formation d'un cratère d'origine volcanique.
- Comprendre le principe de formation des « Mers » lunaires.
- Comprendre le principe de formation d'un cratère d'impact et les différents paramètres qui influent sur sa formation.
- Comprendre la notion de modèle scientifique.

Compétences :

- Mener une démarche scientifique.
- Mener des recherches documentaires de manière autonome.
- Émettre une hypothèse.
- Réaliser des expériences simples.
- Faire preuve d'esprit critique.
- Rédiger de petits compte-rendus d'expérience.

Equipement et logiciels requis :

-Un télescope ou une lunette permettant d'observer et /ou imager les détails de la surface lunaire.
-Un dispositif d'acquisition d'image (appareil photo, caméra, etc.)
-Divers matériels permettant de réaliser des expériences afin de comprendre la formation des cratères volcaniques ou des cratères d'impact (matériels détaillés par la suite).
-Logiciel de montage vidéo (si les expériences sont filmées dans le but de réaliser de petits films par la suite).
-Logiciel de traitement d'images (photofiltre par exemple).

Données mises à disposition : Diverses images (sol lunaire et dispositifs expérimentaux).

Etapes :

1-Mise en place du « problème »:

Plusieurs possibilités s'offrent pour la mise en place du problème. Le but est de faire observer les cratères lunaires aux élèves afin de **les faire s'interroger sur la nature et l'origine de ceux-ci**.

-Lors d'une soirée d'observations :

Celle-ci pourra être choisie, par exemple, aux environs d'un premier croissant ou d'un premier quartier de Lune afin de pouvoir observer des reliefs variés.

Un simple télescope (ou une petite lunette) sur trépied et une mise en station approximative sont suffisants pour observer la Lune.

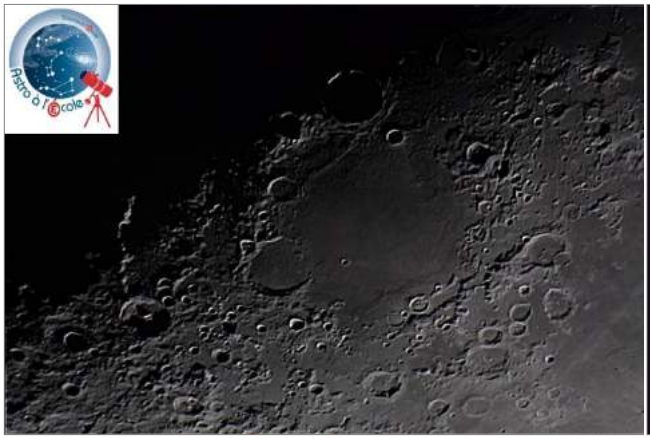
Pour imager la Lune ou certains de ses détails, cela sera d'autant plus simple que la mise en station sera soignée.

Plus la Lune est lumineuse, plus le temps de pose est court. L'observation un soir de Pleine Lune est à éviter : même si la Lune est alors très lumineuse, les reliefs sont fortement « amoindris » du fait de l'angle d'observation.

La réalisation d'images de la Lune peut-être plus ou moins « technique ». De la prise par projection à l'acquisition d'une petite vidéo traitée à l'aide d'un logiciel en passant par la réalisation de photographie au foyer de l'instrument (voir fiche acquérir des images de la Lune et des planètes).

-A partir d'une image ou d'une série d'images :

Une image ou une série d'images telles que celles-ci :

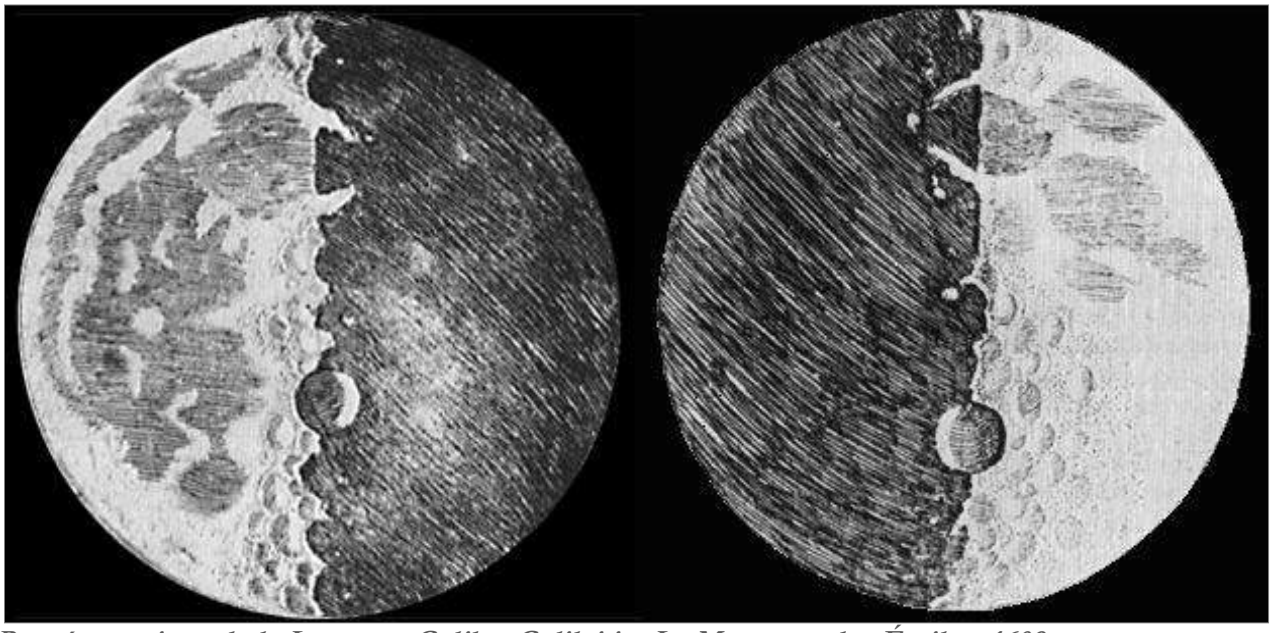


D'autres images sont téléchargeables sur le site d' « ASTRO à l'École ».

-A partir de l'étude d'un extrait de texte historique :

« De leur examen maintes fois réitéré, nous avons déduit que nous pouvons discerner avec certitude que la surface de la Lune n'est pas parfaitement polie, uniforme et très exactement sphérique, comme une armée de philosophes l'ont cru, d'elle et des autres corps célestes, mais au contraire inégale, accidentée, constituée de cavités et de protubérances (...) »

(Galileo Galilei in Le Messager des Étoiles, 1609)



Représentations de la Lune par Galileo Galilei in Le Messager des Étoiles, 1609

2-Démarche d'investigation :

Lors de l'observation de la Lune à l'aide d'un télescope ou d'une lunette astronomique ou à l'aide d'images ou du texte « historique » précédents, les élèves peuvent être questionnés sur la nature de ce qu'ils observent, des différents reliefs visibles (montagnes, cratères, plaines, « mers », etc .). Il est alors possible de les orienter vers un des reliefs caractéristique du sol lunaire : les cratères et de les questionner sur les origines possibles de ceux-ci.

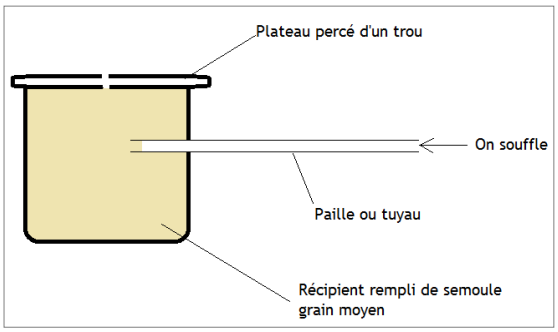
Ce travail d'appropriation du problème peut aboutir à deux principales hypothèses proposées par les élèves :

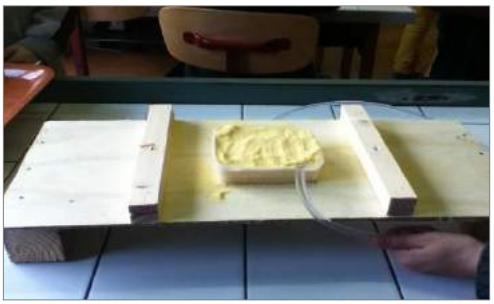
HYPOTHESE n°1 : Les cratères observés sur la Lune ont une origine volcanique.

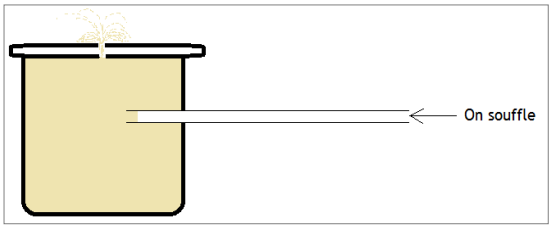
Afin de mieux appréhender cette hypothèse et ses conséquences, les élèves peuvent effectuer **diverses recherches** sur le principe de formation d'un cratère d'origine volcanique et sur les éruptions volcaniques en général.

Une **expérience modélisant** la formation d'un cratère volcanique peut également être proposée :

Schémas et photographies :







Astuces : Prendre de la semoule de taille moyenne et ne pas trop la tasser !

Observations :

Les cratères ainsi formés ont une topologie positive : ils sont au sommet d'un édifice (le « cône volcanique ») formé par les produits éruptifs.

D'autre part, la formation de tels édifices nécessite un mécanisme plus ou moins « explosif » : Il faut mettre fortement le magma (la semoule) sous pression pour former un cône volcanique surmonté d'un cratère.

Confrontation avec l'hypothèse :

Les cratères volcaniques apparaissent au sommet d'un édifice formé par la remontée de produits éruptifs dans des mécanismes plus ou moins « explosifs ». Les cratères ainsi formés ont une topologie positive.

Ce n'est pas du tout le type de cratères que nous pouvons observer sur la Lune : Les cratères observés sur la Lune ont un topologie négative et sont « creusés » dans le sol lunaire.

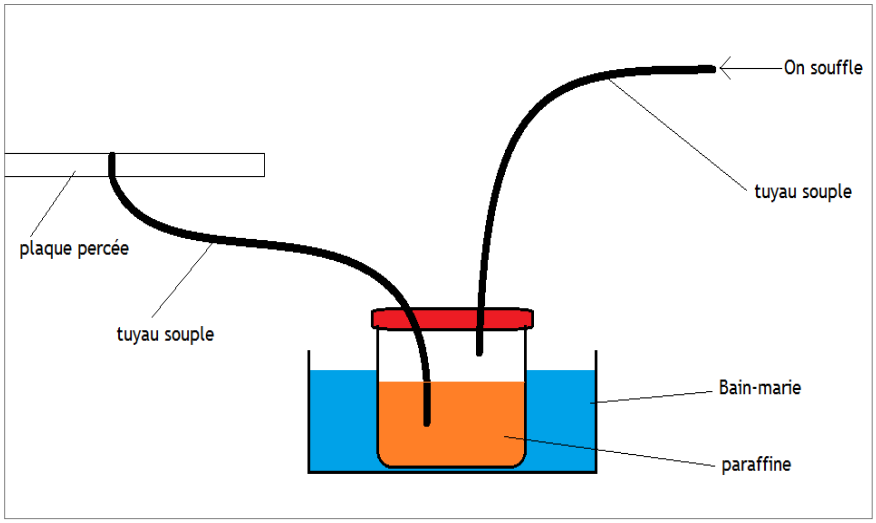
De plus, de ce que l'on sait de l'activité volcanique sur la Lune c'est que celle-ci n'était formée que de magmas basaltiques et qu'il n'y avait pas d'eau, ce qui exclut les dynamismes explosifs. En effet, sans eau liquide pouvant se transformer en vapeur d'eau et augmentant ainsi la pression des gaz accumulés, aucune éruption explosive n'est envisageable (dans l'état actuel de nos connaissances). Ainsi, aucun cône volcanique important n'a pu se former sur la Lune.

Conclusion :

Les cratères observés sur la Lune ne sont pas d'origine volcanique. Le seul volcanisme s'étant produit à la surface de la Lune et un volcanisme de coulées de laves basaltiques fluides. Ce sont ces différentes coulées qui vont avoir formé les « mers » lunaires.

Expérience complémentaire :

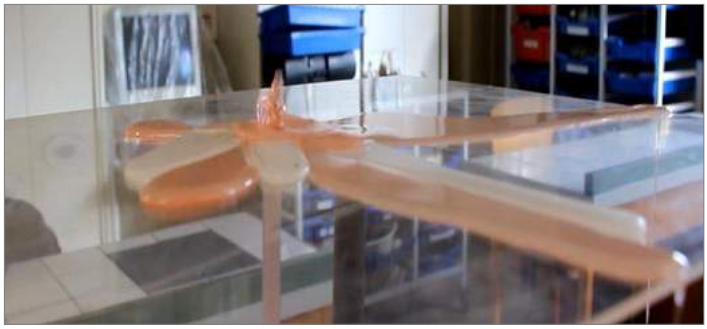
Afin de comprendre le principe de formation des mers lunaires une expérience d'expérience modélisant une éruption de lave fluide peut être proposée aux élèves :



Paraffine en granulés

Bain-marie (Attention aux brûlures!)

Mise sous pression



Coulée de lave fluide

Astuces : Prendre de la paraffine en granulés.
Utiliser du colorant alimentaire pour colorer et observer les différentes coulées.
Nettoyer le tuyau lorsque la paraffine est refroidie et durcie.

La première hypothèse n'étant pas validée, il faut envisager une seconde hypothèse proposée par les élèves

HYPOTHESE n°2 : Les cratères observés sur la Lune sont-ils des cratères d'impacts dus à la chute de météorites ?

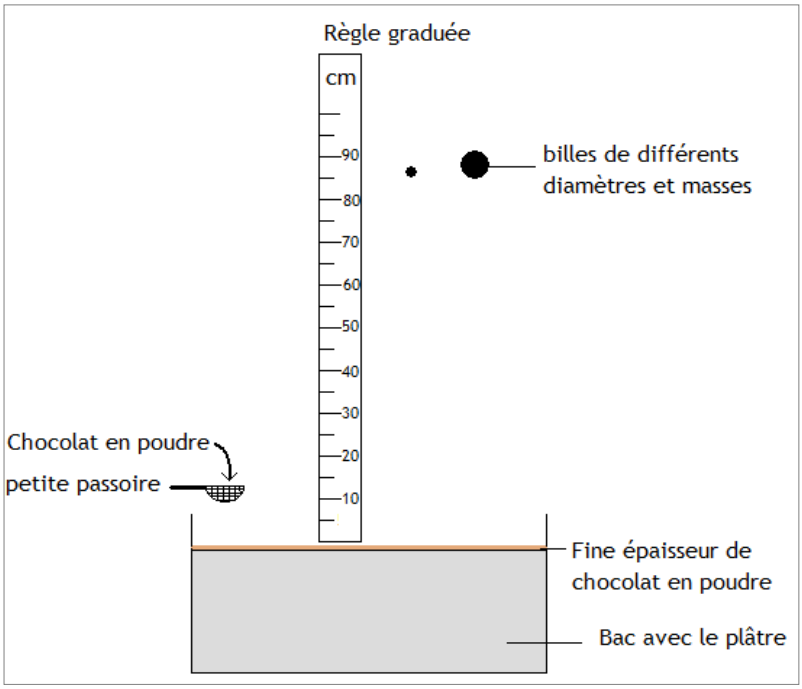
Afin de mieux appréhender cette hypothèse et ses conséquences, les élèves peuvent effectuer diverses recherches sur les météorites, la différence entre une météorite, un astéroïde, un météoroïde, une étoile filante, etc.

Ces recherches permettent de mettre en évidence que notre système solaire comporte, outre une étoile et 8 planètes, de nombreux et variés petits corps parmi lesquels se trouvent les météoroïdes. Ces météoroïdes de tailles diverses se trouvent dans différentes régions du système solaire et ont, pour certains, des trajectoires pouvant les amener à croiser l'orbite de la Terre, de la Lune ou d'une autre planète.

Lorsqu'un météoroïde vient heurter le sol d'une planète, les fragments obtenus deviennent alors une météorite. Si le météoroïde « brûle » en entrant dans l'atmosphère, le phénomène lumineux qui en résulte est une étoile filante (météore).

Une expérience modélisant la formation d'un cratère d'impact météoritique peut également être proposée. :

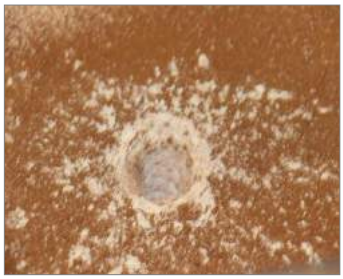
Bien que la formation des cratères sur les planètes ou satellites du système solaire soit davantage due à « l'explosion » du météoroïde plus qu'à sa simple chute, nous pouvons étudier la formation des cratères à l'aide d'une petite expérience simple consistant à laisser tomber un objet dans un bac de plâtre (ou de farine) recouvert de poudre de chocolat :



Astuces : Fixez la règle étalon (mètre ruban coupé) avec du velcro pour pouvoir ajuster sa hauteur.
Utilisez des billes en acier et réalisez un électroaimant pour les maintenir ou les lâcher.

-Le sol de la planète ou du satellite est modélisé par le plâtre placé dans le bac. On le recouvre, par saupoudrage, d'une fine couche de chocolat en poudre (cela permet de bien étudier le remontées de matières du sous-sol, les éjectas, etc.)
-On laisse alors tomber, verticalement une bille d'une hauteur mesurée à l'aide de la règle graduée (ou d'un mètre ruban découpé).
-Le « sol » est remis à niveau et recouvert de chocolat entre deux lâchers de météoroïdes.

Observations :



Cratère d'impact (éclairage du dessus)

Eclairage rasant

Des cratères de formes diverses et variées se forment. Leur aspect change selon l'angle de l'éclairage.

Ces cratères ont une forme circulaire et ont une topologie négative (ils sont creusés dans le sol). De plus ces cratères présentent des éjectas formés par la remontée en surface de matières du sous-sol. Ces cratères peuvent présenter des gradins sur leurs parois internes.

Astuces : Retirer la bille avec un aimant pour ne pas détériorer vos cratères.
Éclairer les cratères sous différents angles pour observer leur changement d'aspect.

Confrontation avec l'hypothèse :

Les cratères ainsi formés ressemblent aux cratères observés sur la Lune.

Conclusion :

Les cratères observés à la surface de la Lune sont des cratères d'impact.

Un cratère d'impact se forme lors de la collision d'un météoroïde sur la surface d'un astre. Les cratères ainsi formés sont creusés dans le sol de l'astre percuté.

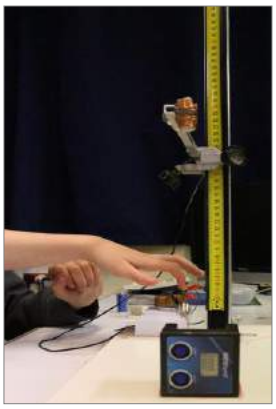
3-Des prolongements possibles

Divers travaux complémentaires peuvent être menés pour prolonger cette démarche d'investigation.

Ainsi, d'autres questions (problèmes) peuvent être soumises aux élèves :

-De quoi dépend la taille d'un cratère d'impact ?

Variations de la masse du météoroïde, de sa vitesse de chute (mesures de vitesses selon la hauteur de chute), nature du matériau utilisé pour modéliser le sol de l'astre, etc.



Mesure de la vitesse de chute en fonction de la hauteur (Capteur de vitesse : http://www.sordalab.com/catalogue/produit.php?numprod=3242)

Que se passe-t-il si le météoroïde arrive de l'espace avec un angle important par rapport au sol ? Quelle est la forme des cratères obtenus ?

Ces questions sont l'occasion de rappeler que l'expérience de simple chute n'est qu'un modèle expérimental. En effet, l'énergie cinétique des météoroïdes lors de l'impact est tellement élevée que celle-ci se transforme essentiellement en énergie thermique : les matériaux du météoroïde et du sol sont alors vaporisés rapidement et en grande quantité. Tout se passe alors comme si une gigantesque explosion se produisait. Les cratères d'impacts ressemblent en fait davantage à des cratères d'explosion. Ceci explique qu'ils aient, même avec des angles d'impact importants, tous une forme quasiment circulaire.

Expérience sur la formation d'un cratère par « explosion

Astuces : Réalisez cette expérience dans un carton avec des rebords suffisamment hauts. Filmer cette expérience pour pouvoir l'étudier au ralenti.

Précautions :

Certaines expériences doivent être impérativement réalisées en présence d'un adulte : risques de brûlures avec la paraffine chauffée au bain-marie. Danger lors de la manipulation du pétard utilisé pour l'étude de la formation d'un cratère par explosion.

Prolongements :

-Les cratères d'impact sur notre planète, la Terre.
-Utiliser les cratères lunaires pour dater et apprendre sur l'histoire de notre système solaire ;
-La Lune, ses cratères, son volcanisme et les mission Apollo.
-Mesurer la taille des cratères sur la Lune.
-Établir un atlas des cratères lunaires.

Quelques liens utiles :

Des informations sur les petits corps du système solaire:http://qd9-test.obspm.fr/The-planets,Les-petits-corps-20

Des définitions :

http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/phenomenes/meteor/definition.php?popup=3
Un diaporama de l'Observatoire de Paris sur les météorites : http://formation-professeurs.obspm.fr/IMG/pdf_diaporama_meteorites_fr.pdf

Bibliographie et références :

Le Messager des étoiles , Galileo Galilei, Éditions Seuil, 1992
Le Grand Atlas de la Lune, Thierry Legault et Serge Brunier, Éditions Larousse , 2004
De Feu et de Glace, André Brahic, Éditions Odile Jacob, 2010

Sujets connexes :

Imager la Lune
Mesurer les cratères sur la Lune