

Petits.

co.rps

académie  
Toulouse



RÉGION ACADÉMIQUE  
OCCITANIE

MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION NATIONALE  
MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR,  
DE LA RECHERCHE  
ET DE L'INNOVATION



C GENIAL

Sciences à l'École

Æ FONDATION

pour

grosses

conséquences

## SOMMAIRE

<b>Introduction.</b>	Page 3
1- Les cratères lunaires, observations astronomiques.	Page 4
2- Les cratères lunaires, simulation en laboratoire.	Page 7
3- Les cratères lunaires, modélisation en laboratoire.	Page 11
4- Réalisation mathématique : mesure du diamètre d'un cratère lunaire.	Page 13
5- Réalisation mathématique : mesure de la profondeur d'un cratère.	Page 18
6- Réalisation mathématique : mesure de la taille de l'impacteur.	Page 20
7- Retour sur Terre : échelle de Turin.	Page 23
8- Retour sur Terre : explosion dans l'atmosphère.	Page 27
9- Retour sur Terre : impact, entre destruction majeure et apparition de la vie.	Page 29
10- Glossaire. Petits corps du système solaire.	Page 32



## Introduction

Les chutes des petits corps du système solaire sur la Terre sont probables. Comment se produisent-elles ? Avec qu'elles énergies et pour qu'elles conséquences ?

A la télévision ou sur internet, les astéroïdes qui frôlent la Terre font parfois l'actualité. Et qui ne connaît pas l'hypothèse de la disparition des dinosaures lors d'un gigantesque impact météoritique ? Nous allons utiliser la démarche expérimentale et tenter de répondre à la question : un impact, c'est quoi ?

*Le mot du professeur*

*Ce sujet a été choisi par les élèves du club lors d'une des dernières séances du club Astro Saint Jo de l'an passé.*

*Au départ de ce projet, les prédictions donnaient la comète 46P/Wirtanen suffisamment brillante en décembre pour être visible à l'œil nu. Cela aurait été la comète la plus brillante vue depuis l'hémisphère nord depuis 5 ans. Les premiers questionnements portaient sur : Devons-nous en avoir peur ? Quel intérêt scientifique peut-on en retirer ? Malheureusement la comète ne fut pas au rendez-vous, ni la météo d'ailleurs. Nos travaux se sont alors reportés sur les impacts.*

*A chaque séance, un groupe d'élève est en charge de prendre des notes manuscrites, notes qui sont remises au professeur pour correction. De fil en aiguille, le compte rendu prend forme, jusqu'à être mis en lien sur le cloud de notre ENT. Voici l'ensemble de tous ces travaux d'élèves.*

*Bonne lecture.*

*Olivier Gayraud.*

# 1- LES CRATERES LUNAIRES

## OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES



Figure 1 : une partie du club avant que la nuit ne tombe, et l'un des deux Dobson d'Astro à l'Ecole, (AAE).

Au cours de la séance du 9 novembre nous avons réalisé une observation astronomique des différents types de cratères de la Lune. Ceci a fait émerger plusieurs questionnements.

Les voici.

- Comment les astéroïdes (de formes diverses) peuvent-ils former des cratères de formes circulaires ?
- Pourquoi la Lune a-t-elle tant de cratères ?
- Comment se forment les cratères et pourquoi sont-ils différents ?
- De quelle taille sont les objets qui ont produits ces cratères ?
- Les cratères ont-ils le même âge ?

Nous avons observé à l'œil nu derrière l'oculaire du télescope, puis réalisé des films avec une caméra astronomique.

Les différents types de cratères que nous avons observés sont les suivants.

- Des cratères récents (présence d'éjectas).
- Des cratères âgés (ils sont recouverts).
- Des cratères complexes (pic et parois concentriques)
- Des cratères simples, (en forme de bol).
- Des cratères remplis (fantômes).



Figure 2 : avec l'appareil photographique numérique Canon et le Dobson d'AAE.

D'autres éléments ont été observés durant la séance :

- Les mers de la Lune.
- Les éjectas.
- Les pics.
- Les gradins.



Figure 3 : avec notre camera planétaire et le télescope Maksutov sur sa monture équatoriale.

De retour en classe, nous avons fait des recherches sur ces différentes formations.

- Un cratère est une dépression plus ou moins circulaire créée par la collision d'un objet avec un autre assez grand pour ne pas être détruit.
- Un cratère simple est une dépression quasi circulaire encerclée de « murs » appelés gradin.
- Un cratère complexe peut avoir une forme conique ou circulaire en son centre appelé « pic » et ont des parois peu élevées.
- Les gradins sont des murs pouvant avoir des parois douces ou des « terrasses ». Ils sont soit d'origine volcanique soit formés après l'impact ou les deux.
- Les cratères fantômes sont énormes et ont des murs effondrés, un plancher sur plusieurs niveaux s'il ne sont pas engloutis par la lave.
- Les éjectas sont des projections de matière causées par l'impact d'une météorite et brillantes à la lumière.

## 2- LES CRATERES LUNAIRES

### SIMULATION EN LABORATOIRE

De retour au laboratoire, lors de la séance du 16 novembre, nous avons voulu simuler la formation de cratères. Le matériel dont nous avons eu besoin fut :

- Cristallisateur.
- Billes (de différentes tailles et masses).
- De quoi mesurer les hauteurs de chutes, les diamètres des cratères et les masses des billes. Règle, mètre, fil à plomb, balance.
- Des matériaux divisés : poudre de cacao, grain de semoule, farine.
- Un téléphone pour filmer l'impact.

Voici nos idées de protocoles.

#### 1<sup>er</sup> Protocole

- Remplir une coupelle de farine et recouvrir de chocolat en poudre.
- Faire tomber une bille.
- Observer la forme des cratères.



Nous observons des formations semblables à celles sur la Lune. Cratères récents avec présence d'éjecta.

Figure 4: éjecta lors d'un cratère récent.

## 2<sup>ème</sup> Protocole

- Remplir une cuve de semoule.
- Faire chuter plusieurs billes de masses différentes de la même hauteur.
- Mesurer la taille des cratères.

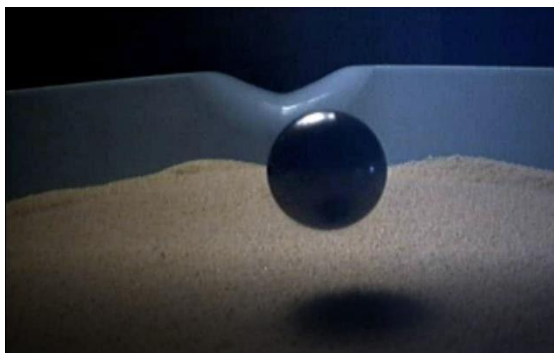


Figure 5 : avant l'impact.



Figure 6 : impact.



Figure 7 : éjection.



Figure 8 : forme finale du cratère.

Nous observons que le diamètre des cratères augmente avec la masse des billes.

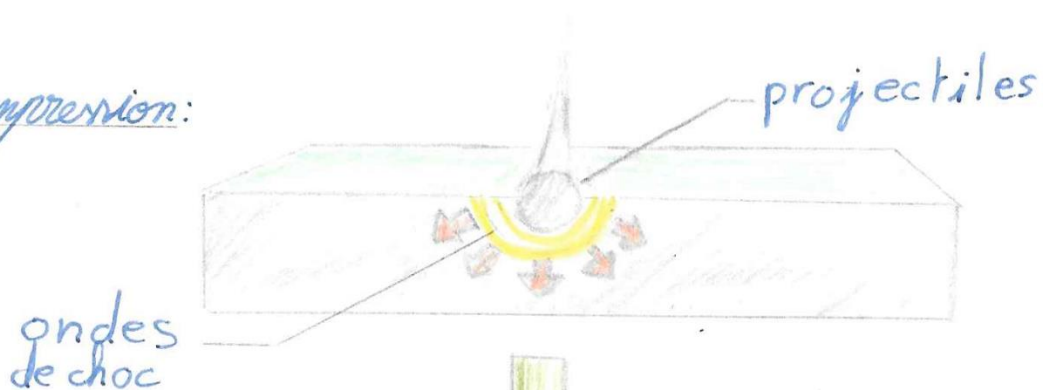
## 3<sup>ème</sup> Protocole

- Remplir une cuve de semoule.
- Faire chuter une bille de masse déterminée de différentes hauteurs.
- Mesurer la taille des cratères.
- Faire une moyenne de plusieurs chutes.

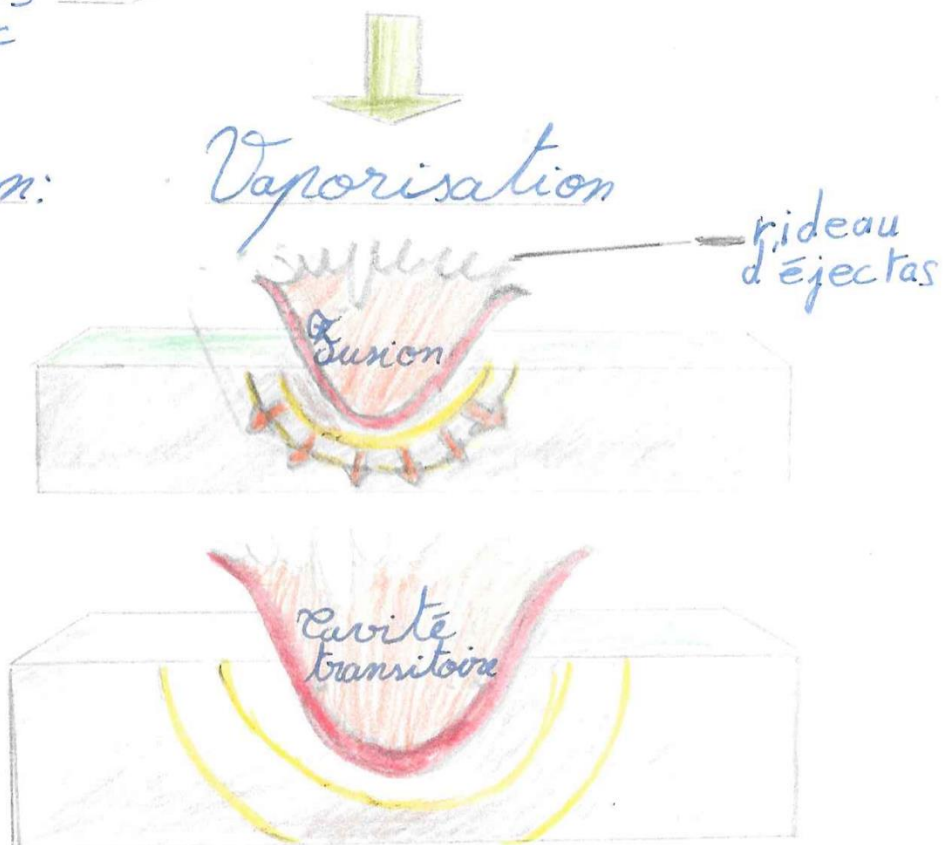
## La formation des cratères en images.

D'après Impact des météores aux cratères, sous la direction de Sylvain Boulay.

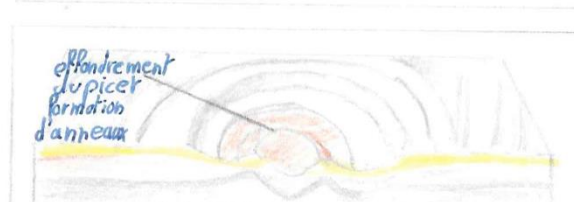
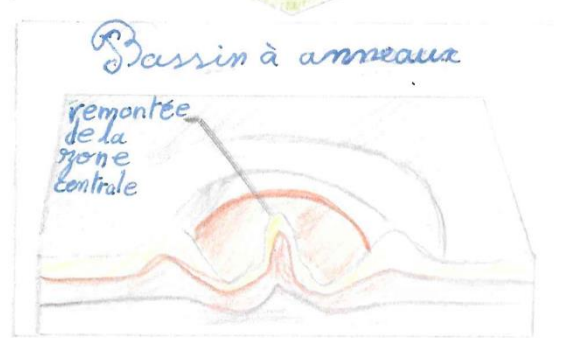
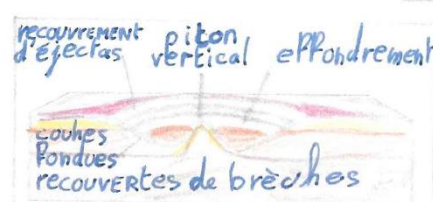
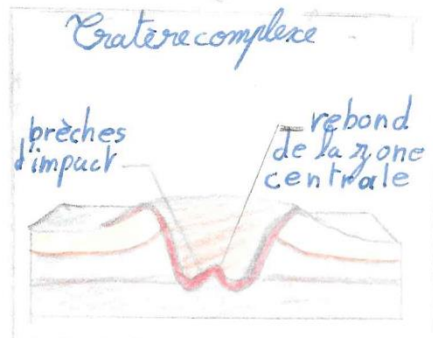
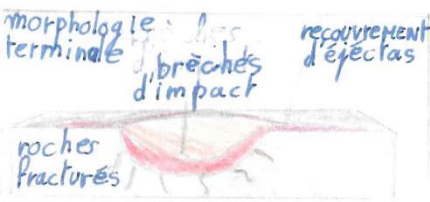
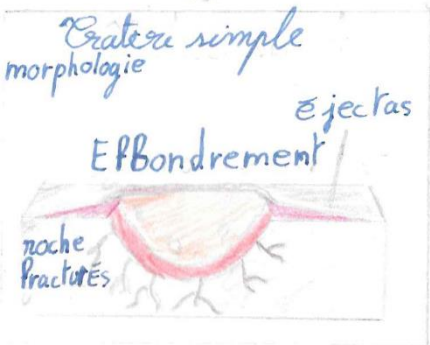
Phase de contact/compression:



Phase d'excavation:



# Phase de transformation



### 3- LES CRATERES LUNAIRE

#### MODELISATION EN LABORATOIRE

Calculons les énergies libérées en fonction du diamètre des cratères.

L'énergie libérée lors de l'impact est une énergie potentielle qui est proportionnelle à la masse  $m$  de la bille en kg, à la hauteur de la chute  $h$  en mètre et au coefficient de pesanteur terrestre qui vaut  $9,81 \text{ N/kg}$ .

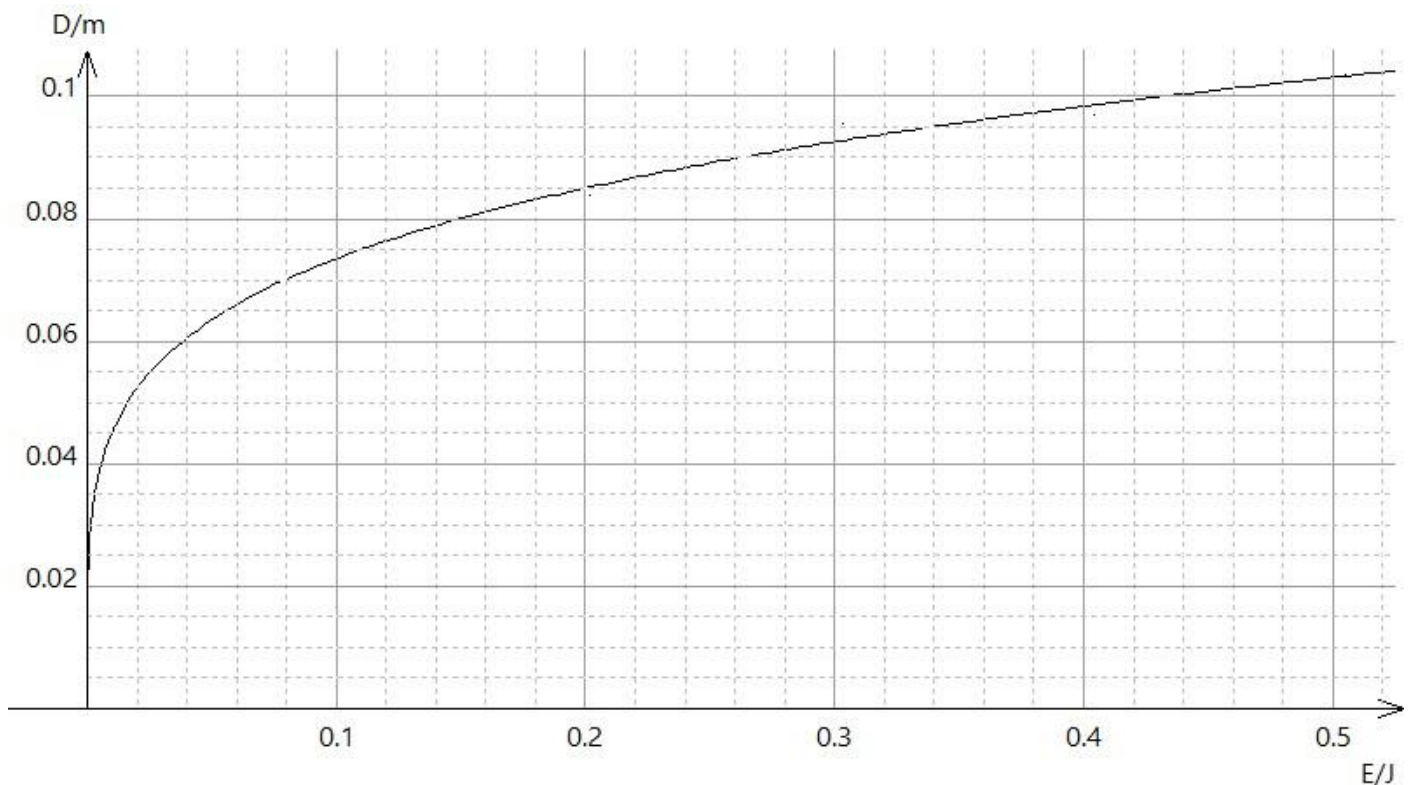
On note cette énergie potentielle  $E_p$ .  $E_p = m.g.h$

La bille a une masse  $m = 20,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

h(m)	E(J)	Diamètre du cratère (cm)		h(m)	E(j)	Diamètre du cratère (cm)
1	$2,02 \cdot 10^{-1}$	8,4		3,5	$7,07 \cdot 10^{-1}$	10,5
		8,5				10,1
		8,4				10,6
						10,5
1,5	$3,03 \cdot 10^{-1}$	9,4				
		9,5		4	$8,08 \cdot 10^{-1}$	10,7
		9,9				10,7
		9,5				10,0
						10,6
2	$4,04 \cdot 10^{-1}$	9,9				
		9,7		4,5	$9,09 \cdot 10^{-1}$	11,4
		9,7				10,2
		9,5				10,4
						10,3
2,5	$5,05 \cdot 10^{-1}$	10,5				
		10,3		5	$10,1 \cdot 10^{-1}$	11,7
		10				10,4
		10,2				11,0
						10,4
3	$6,06 \cdot 10^{-1}$	9,9				10,8
		9,6				11,1
		10,2				
		10,7				
		10,7				

Cette énergie potentielle est convertie en énergie cinétique lors de la chute. A l'instant du contact avec le matériau, cette énergie acquise est elle-même convertie en énergie potentielle pour soulever d'une hauteur au moins égale à la profondeur du cratère une certaine masse de matériaux.

Avec le logiciel Regressi, recherchons l'expression des variations du diamètre du cratère formé en mètres en fonction de l'énergie libérée en joules lors de sa formation.



$$D=c \cdot E^d$$

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Ajuster	<input checked="" type="checkbox"/> Tracé auto.
c	<<< 0.119	>>> ±
d	<<< 0.211	>>> ±
Résultats de la modélisation		
Ecart données-modèle		
Ecart-type sur D=2.376 mm		
Intervalle de confiance à 95%		
c=(119 ±21)10 <sup>-3</sup> S.I.		
d=(211 ±161)10 <sup>-3</sup> S.I.		

Nous allons émettre l'hypothèse que cette relation est valable à toute échelle. De nos cratères simulés en laboratoire, aux cratères lunaires. Si nous pouvions mesurer les dimensions d'un cratère lunaire, alors nous pourrions remonter à l'énergie libérée lors du choc.

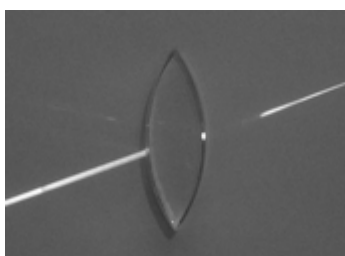
## 4- REALISATION MATHEMATIQUE

### MESURE DU DIAMETRE D'UN CRATERE LUNAIRE

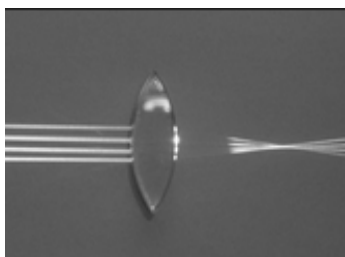
Pour mesurer la taille réelle d'un cratère lunaire sur notre film, il nous faut tout d'abord savoir comment cette image s'est formée.

Nous allons donc rechercher le trajet de la lumière de la Lune jusqu'au capteur de la caméra. Puis on utilisera le théorème de Thalès.

Nous avons utilisé une source de lumière qui pouvait produire un ou plusieurs rayons lumineux, et avons éclairé une lentille convergente. Voici les résultats.



Le rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.

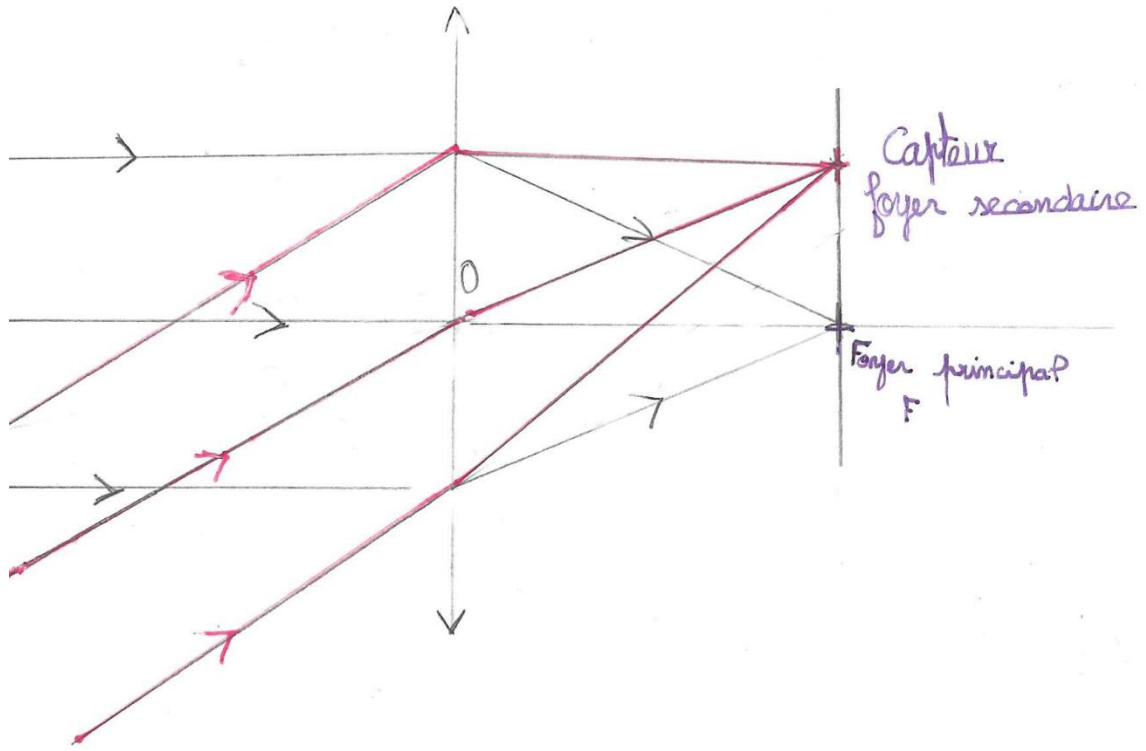


La Lune est très loin, donc ses rayons arrivent parallèlement. Des rayons qui arrivent parallèlement convergent en un point : le foyer F de la lentille.

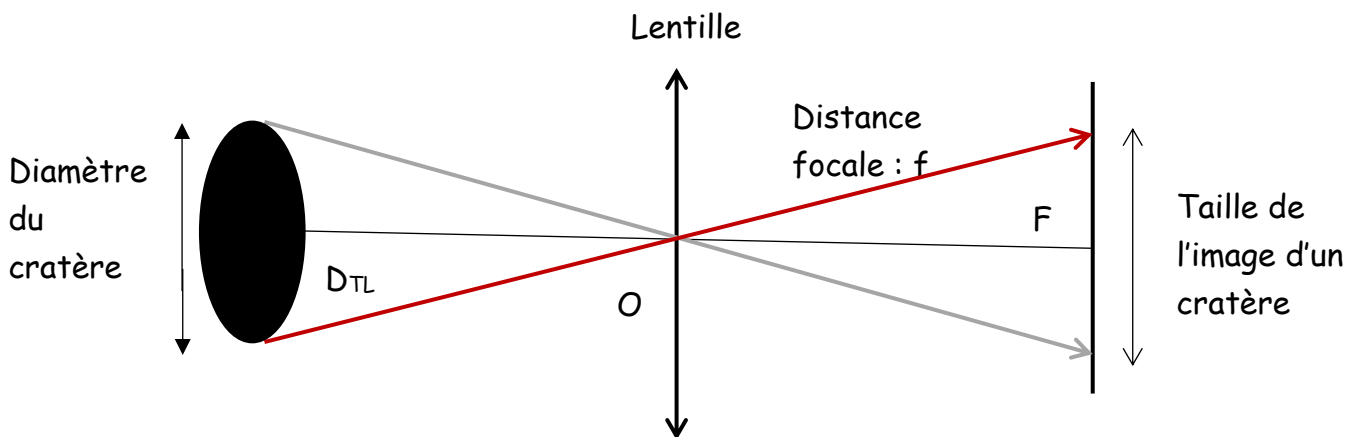


Pour récupérer une image nette sur un écran ou un capteur de caméra, il faut que le capteur soit dans le plan focal. C'est-à-dire qu'entre le centre de la lentille O et le capteur il doit y avoir une distance  $f = OF$  nommée focale de la lentille.

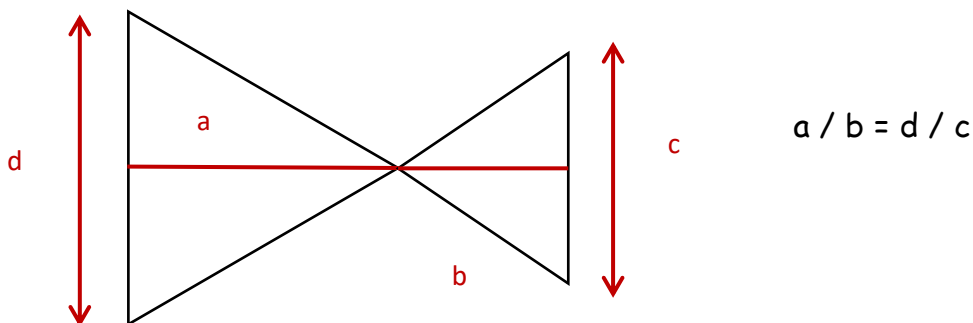
Résumons tout cela sur un même schéma.



Ne représentons plus que les rayons extrêmes issus du cratère et passant par le centre optique de la lentille.



Nous reconnaissons le théorème de Thalès.

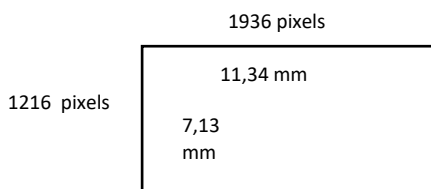


Identifions a, b, c et d à notre cas.

$$D_{TL} / \text{distance focale } f = \text{Diamètre du cratère} / \text{Taille de l'image du cratère}$$

Pour connaître la dimension de l'image d'un cratère sur le capteur, nous devons calculer la taille d'un pixel puis mesurer sur l'image du cratère le nombre de pixels.

Nous avons utilisé une camera WZO ASI 174 MC dont le capteur a les dimensions suivantes :  $11,34 \times 7,13$ mm. La matrice est composée de 1936 pixels par 1216 pixels.



$$7,13 / 1216 = 5,86 \times 10^{-3}$$

$$11,34 / 1936 = 5,86 \times 10^{-3}$$

Donc la taille du côté d'un pixel est de  $5,86 \times 10^{-3}$  mm, c'est-à-dire  $5,86 \mu\text{m}$ .



Nous avons repéré sur notre film un cratère intéressant. Mesurons son diamètre avec le logiciel Paint, il est formé de 68 pixels.

$$\text{Taille de l'image du cratère} = 68 \times 5,86 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Figure 9 : cratère Eratosthène.

Maintenant il nous faut connaître la distance de la Terre à la Lune au moment de la photo. Pour cela nous avons utilisé l'Atlas Virtuel de la Lune, (AVL).

L'Atlas Virtuel de la Lune est une application nous permettant d'étudier la Lune dans tous ses détails. Nous pouvons sélectionner une date pour pouvoir observer sa phase. Nous pouvons également agrandir l'image de la Lune et ainsi voir de plus près ses cratères. Cette application nous permet aussi de connaître les dimensions et noms des cratères. Cette année l'Atlas Virtuel de la Lune nous permettra d'approfondir nos connaissances pour notre projet sur les météorites et les cratères.

Vous pouvez télécharger l'Atlas Virtuel de la Lune sur le site :

<https://virtual-moon-atlas.fr.uptodown.com> > Windows > Éducation > Astronomie

Merci aux auteurs de ce site qui sont Christian Legrand et Patrick Chevalley.

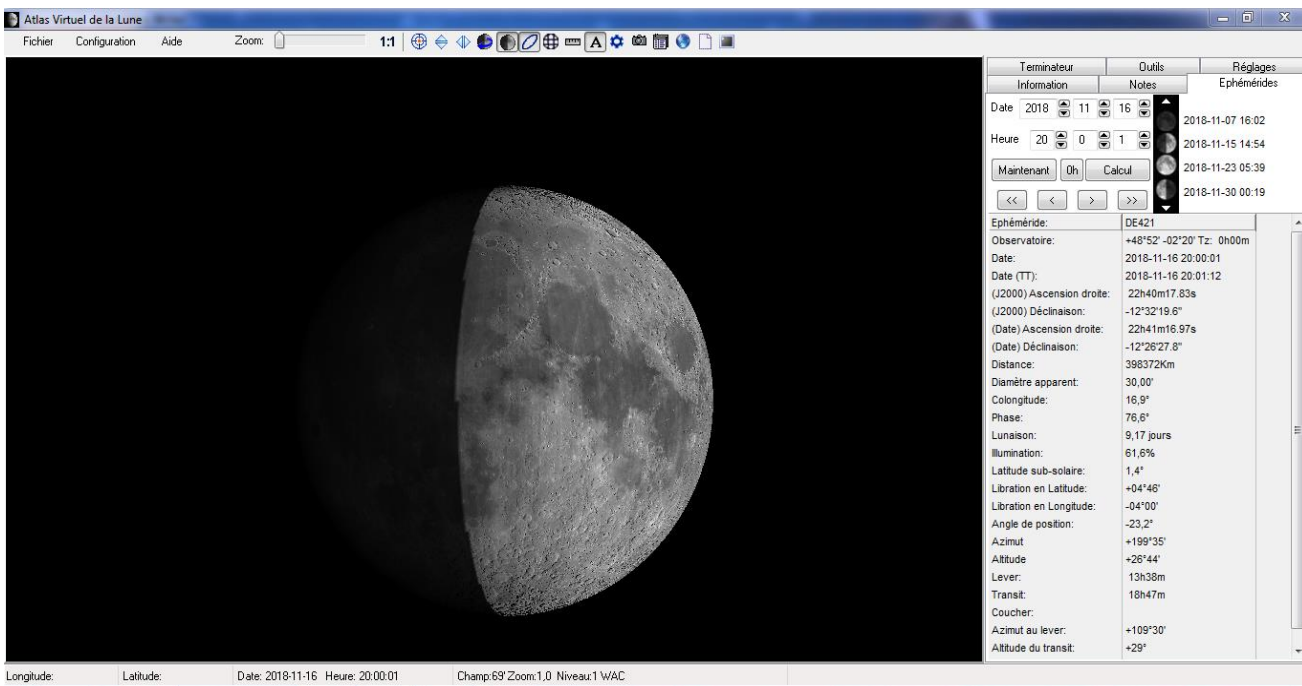


Figure 10 : renseignements bien utiles sur la Lune au moment de notre photo.

Nous voyons que la distance Terre Lune était de jour-là de  $D_{TL} = 398\,373\,000\text{ m}$ .



Pour connaître la distance focale du télescope que nous avons utilisé, il suffisait de lire la plaque signalétique.

Télescope de type Maksutov de diamètre 180 mm et de distance focale = 2 700 mm.

Figure 11 : le télescope utilisé pour détailler la Lune.

Il ne reste plus qu'à remplacer par nos valeurs.

$$D_{TL} / \text{distance focale } f = \text{Diamètre du cratère} / \text{Taille de l'image d'un cratère}$$

$$398\,373\,000 \text{ m} / 2\,700 \text{ m} = \text{Diamètre cratère m} / 68 \times 5,86 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{Diamètre cratère} = 58\,793 \text{ m.}$$

Le cratère Eratosthène mesure donc environ 58 km. Ce qui correspond bien à nos recherches sur l'AVL. Mais nous savons qu'il y a là une part de chance car la mesure est faite à quelques pixels près

The screenshot shows the 'Atlas Virtuel de la Lune' software interface. The main window displays a grayscale image of the Moon's surface with the Eratosthenes crater highlighted in yellow. An orange arrow points from the crater to the information panel on the right. The panel contains the following data:

Terminateur		Outils		Réglages	
Information		Notes		Ephémérides	
ERATOSTHENES		Recherche		Suivant	
Profil					
A					
<b>ERATOSTHENES</b>					
L.U.N.: AA1447N01132W					
L.U.N.REDUCED: 1447N01132					
Name type: AA					
Type: Cratère					
Période de formation: Eratosthénien (De -3.2 milliards d'années à -1.1 milliards d'années)					
<b>Taille:</b>					
Dimension: 58.0x58.0Km / 35.0x35.0Mi					
Hauteur: 3570.0m / 10800.0ft					
Rapport Hauteur/Longueur: 0.0616					
<b>Description:</b>					
Formation circulaire située à l'extrémité Sud de Montes Apenninus.					
Versants très escarpés et tourmentés surtout au Sud.					
Muraille très élevée en gradins.					
Fond plat peu étendu. Massif montagneux central avec plusieurs sommets. Rides, monticules et crevasses.					
<b>Observation:</b>					
Intérêt: Formation exceptionnelle.					
A observer: Un jour après le Premier Quartier ou Au Dernier Quartier					
Instrument minimal: Lunette 50 mm					
<b>Position:</b>					
Longitude: 11.316° Ouest					

At the bottom of the interface, the following coordinates and settings are displayed: Longitude: -28.374, Latitude: 23.344, Date: 2018-11-16, Heure: 20:00:01, Champ: 9, Zoom: 8.0, Niveau: 2, WAC.

Figure 12 : informations sur le cratère Eratosthène par AVL.

## 5- REALISATION MATHEMATIQUE

### MESURE DE LA PROFONDEUR D'UN CRATERE

Comment pourrions-nous connaitre maintenant la profondeur d'Eratosthène ?

Voici nos hypothèses.

- Utiliser l'inclinaison des rayons du Soleil.
- Utiliser l'ombre.

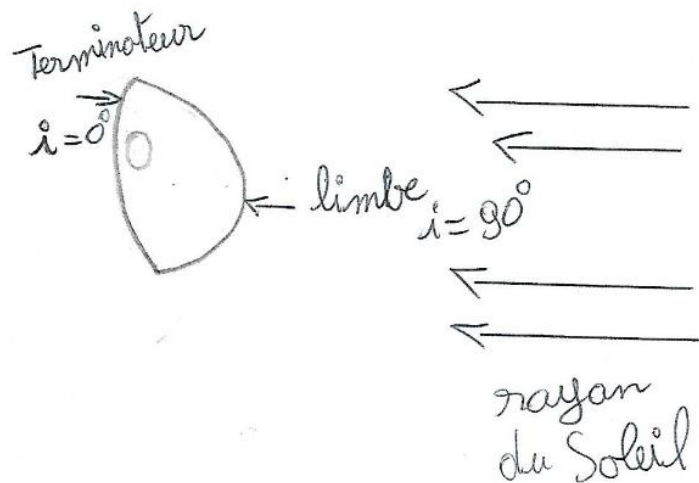


Figure 5: Lune vue de la Terre.

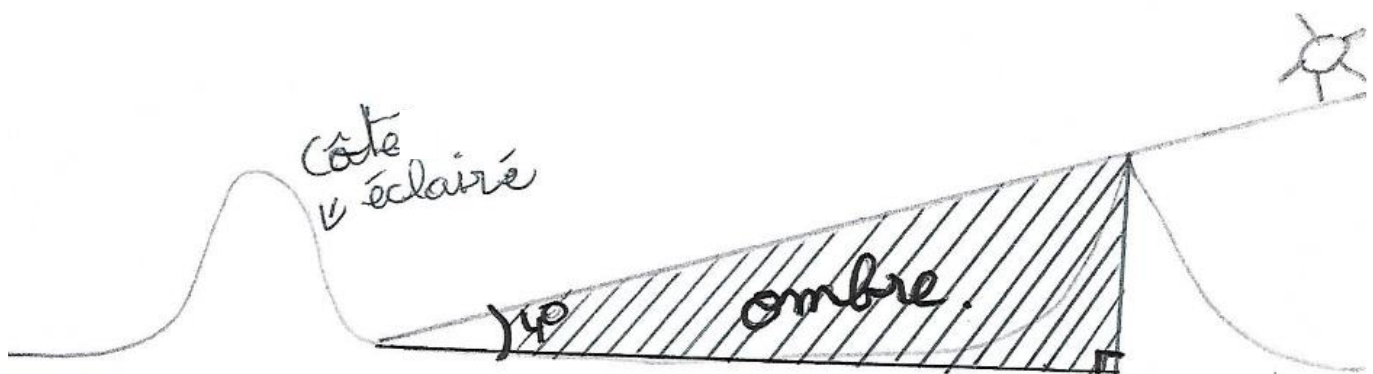
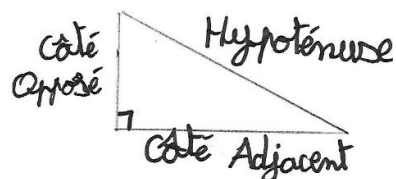


Figure 6: vue en coupe d'un cratère depuis la Lune.

Nous voyons qu'un rayon extrême du Soleil frôle le sommet d'un des gradins. Ceci donne l'idée de passer par la tangente dont voici la formule.

$$\text{Tangente } \alpha = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}}$$

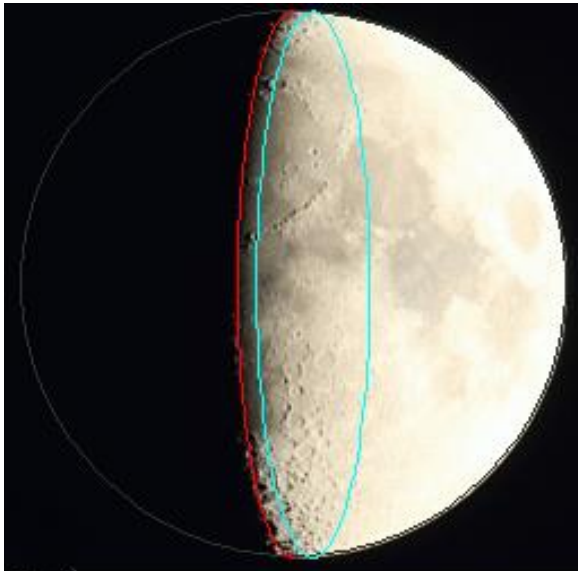


Le côté adjacent est la longueur de l'ombre du cratère Eratosthène, (voir figure 5).

Nous devons la mesurer. Elle fait sur l'image (figure 5) 52 pixels. A l'aide de la formule déjà utilisée calculons sa taille réelle.

$$398\,373\,000\text{ m} / 2,700\text{ m} = \text{longueur de l'ombre m} / 52 \times 5,86 \times 10^{-6}$$

La longueur de l'ombre du cratère est d'environ **45 km**.



Nous devons maintenant trouver l'angle que fait le rayon extrême qui frôle le gradin avec le fond d'Eratosthène.

Pour ces calculs, nous avons utilisé le logiciel Moon de Philippe Bœuf.

<http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/softs/moon.zip>

Figure 13 : logiciel Moon et photo prise le 9 novembre.

### Voici des captures d'écran.

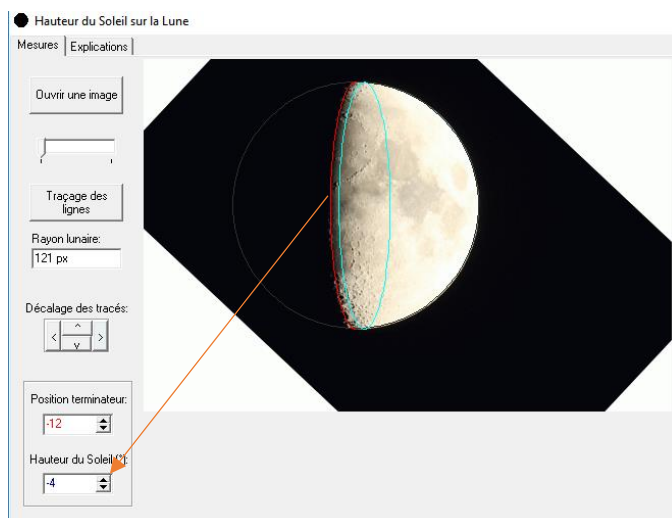
Objectif du programme:  
Déterminer la hauteur d'une montagne lunaire à partir de la longueur de son ombre.

-Pour cela, il faut connaître la hauteur du Soleil par rapport à l'horizontale à l'endroit de la mesure. Les calculs peuvent être fastidieux...

-Ce programme permet de l'obtenir facilement, à condition d'avoir une image réalisée à la même date, où la Lune est visible entièrement.

Ordre logique des opérations:

- 1/ Ouvrir une image où la Lune est visible dans sa totalité.
- 2/ Positionner par deux clicks, les extrémités du "croissant" lunaire.
- 3/ Cliquez sur "Traçage de lignes" afin d'avoir le tracé du pourtour circulaire de la Lune.
- 4/ Eventuellement, ajustez ce pourtour à l'aide des 4 flèches de direction.
- 5/ Positionnez alors le terminateur lunaire au mieux ("Position terminateur").
- 6/ Enfin, trouvez la hauteur du Soleil au lieu étudié ("Hauteur du Soleil")



Reste à remplacer par nos valeurs.

$$\text{Tangente } 4^\circ = \frac{\text{côté opposé}}{45000}$$

D'où une profondeur de 3147 m.

La profondeur du cratère Eratosthène est de l'ordre de 3 km. Ce qui correspond bien avec la valeur donnée par l'AVL. (Voir figure 11).

## 6- REALISATION MATHEMATIQUE

### MESURE DE LA TAILLE DE L'IMPACTEUR

Utilisons la relation que nous avons trouvée expérimentalement donnant les variations du diamètre en km d'un cratère en fonction de l'énergie en joules.

$$D_{\text{expérimental}} = 0,12 \cdot E_{\text{expérimental}}^{0,25}$$

Faisons l'hypothèse que cette relation puisse être utilisée dans le cas de cratère réels.

$$D_{\text{réel}} = 0,12 \cdot E_{\text{réel}}^{0,25}$$

En faisant le quotient de ces deux expressions :

$$D_{\text{expérimental}} / D_{\text{réel}} = E_{\text{expérimental}}^{0,25} / E_{\text{réel}}^{0,25}$$

Choisissons l'un de nos cratères expérimentaux :

- $h = 2 \text{ m}$
- $m = 20,6 \text{ g}$
- $D_{\text{expérimental}} = 0,097 \text{ m}$
- $E_{\text{expérimental}} = 0,4042 \text{ J}$

Avec la mesure que nous avons réalisée lors de la soirée d'observation du cratère Eratosthène.

- $D_{\text{Eratosthène}} = 58\,000 \text{ m}$

D'où :

$$0,097 / 58000 = 0,4042^{0,25} / E_{\text{réel}}^{0,25}$$

$$E_{\text{réel}}^{0,25} = 0,4042^{0,25} * 58000 / 0,097$$

$$(E_{\text{réel}}^{0,25})^4 = (0,4042^{0,25} * 58000 / 0,097)^4$$

$$E_{\text{réel}} = (0,4042^{0,25} * 58000 / 0,097)^4$$

$$E_{\text{réel}} = 5,2 \cdot 10^{22} \text{ J}$$

Convertissons en tonnes de TNT pour se donner une idée plus précise.

$$1 \text{ tonne de TNT} = 4,184 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_{\text{réel}} = 1,2 \cdot 10^{13} \text{ tonnes de TNT}$$

$$E_{\text{réel}} = 1,2 \cdot 10^7 \cdot 10^6 \text{ tonnes de TNT}$$

$$E_{\text{réel}} = 1,2 \cdot 10^7 \text{ mégatonnes de TNT}$$

Il n'y a pas assez de bombes atomiques sur Terre pour atteindre ces énergies !

Supposons un impact entre la Lune et l'astéroïde à la vitesse de 40 km/s.

Supposons de plus que l'impacteur soit fait d'une roche dense, la Lune étant elle faite de basalte, (roche éruptive). La densité du projectile est de l'ordre de 3000 kg/m<sup>3</sup>.

Si toute l'énergie est transformée en énergie cinétique, alors :

$$E_c = 0,5 \cdot m v^2 = 5,2 \cdot 10^{22} \text{ J}$$

$$m = 2 * 5,2 \cdot 10^{22} / (40 \cdot 10^3)^2$$

$$m = 6,5 \cdot 10^{13} \text{ kg}$$

Recherchons maintenant le volume V de l'astéroïde de masse volumique  $\rho$ .

$$V = m / \rho$$

$$V = 6,5 \cdot 10^{13} / 3000 = 2,2 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$$

Avec l'hypothèse que l'astéroïde soit de forme sphérique :

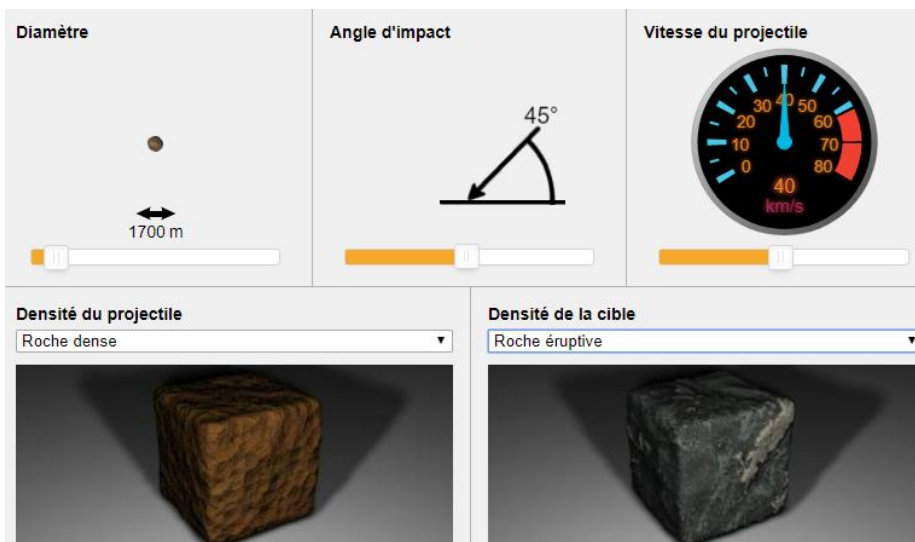
$$V_{\text{sphère}} = 4/3 \pi R^3 = 2,2 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$$

$$R = 1,7 \cdot 10^3 \text{ m}$$

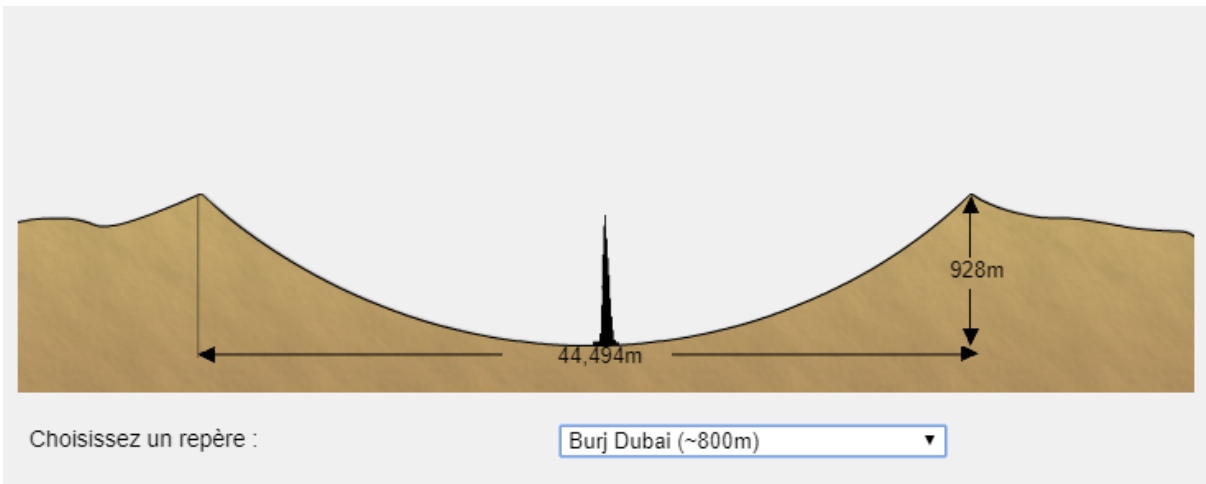
Résultats :

Nous avons mesuré que le cratère Eratosthène avait :

- Pour diamètre 58 km.
- Pour profondeur 3 km.
- Qu'il a été produit par un objet d'environ 2 km de rayon.
- Que l'énergie libérée lors du choc est de l'ordre de  $5 \cdot 10^{22} \text{ J}$ .



Comparons avec les valeurs fournies par le calculateur d'impact.



A Propos de votre Projectile		Énergie de l'impact	
Paramètre	Valeur	Paramètre	Valeur
Masse	$7.72 \times 10^{12}$ kg	Énergie cinétique	$6.17 \times 10^{21}$ J
Vitesse du projectile	40 km/s	Énergie libérée à l'impact	$3.09 \times 10^{21}$ J
Angle d'impact	45°	Quelle fréquence?	6,184,946 yrs
Densité du projectile	3,000 kg/m <sup>3</sup>	Qu'arrive-t-il à l'impacteur? Le projectile atteint la surface intact, à une vitesse de 28 km/s Énergie dissipée dans l'atmosphère: $3.09 \times 10^{21}$ J	
Densité de la cible	2,750 kg/m <sup>3</sup>		

Détails de l'impact	
Paramètre	Valeur
Profondeur du cratère	928 m
Diamètre du cratère	44,494 m
Épaisseur des ejecta	0.00 m
Vitesse de l'onde de choc	0 m/s
Magnitude de Richter	9
Amplitude de l'onde sonore	0 dB

La correspondance entre diamètre du cratère et taille de l'impacteur est bonne. L'estimation de la profondeur est moins bonne mais l'ordre de grandeur est respecté.

## 7- RETOUR SUR LA TERRE

### L'ECHELLE DE TURIN

L'échelle de Turin est, en astronomie, une méthode servant à catégoriser les risques d'impacts d'objets géocroiseurs, tels les astéroïdes ou les comètes. Graduée de 0 (aucune chance de collision) à 10 (collision certaine entraînant une catastrophe climatique globale), elle sert à évaluer les dégâts causés lors d'une collision entre l'objet concerné et la Terre.

Légende.

Blanc : aucun risque (niveau 0).

Vert : risque normal (niveau 1).

Jaune : objet à suivre (niveaux 2 à 4).

Orange : objet dangereux (niveaux 5 à 7).

Rouge : collision certaine (niveaux 8 à 10).

L'indice sur l'échelle de Turin en fonction de l'énergie cinétique (en mégatonnes de TNT) et de la probabilité d'impact.

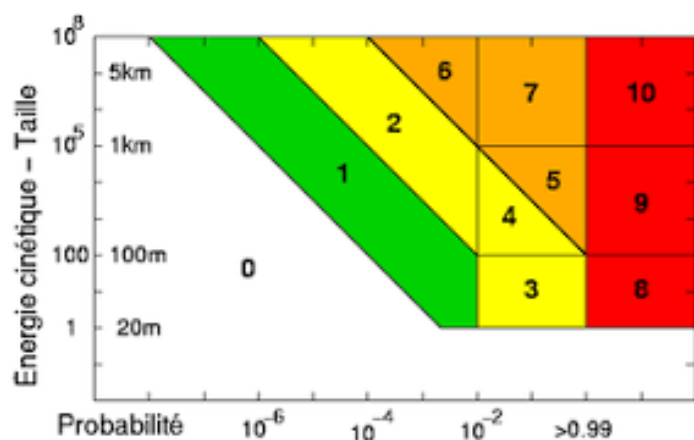


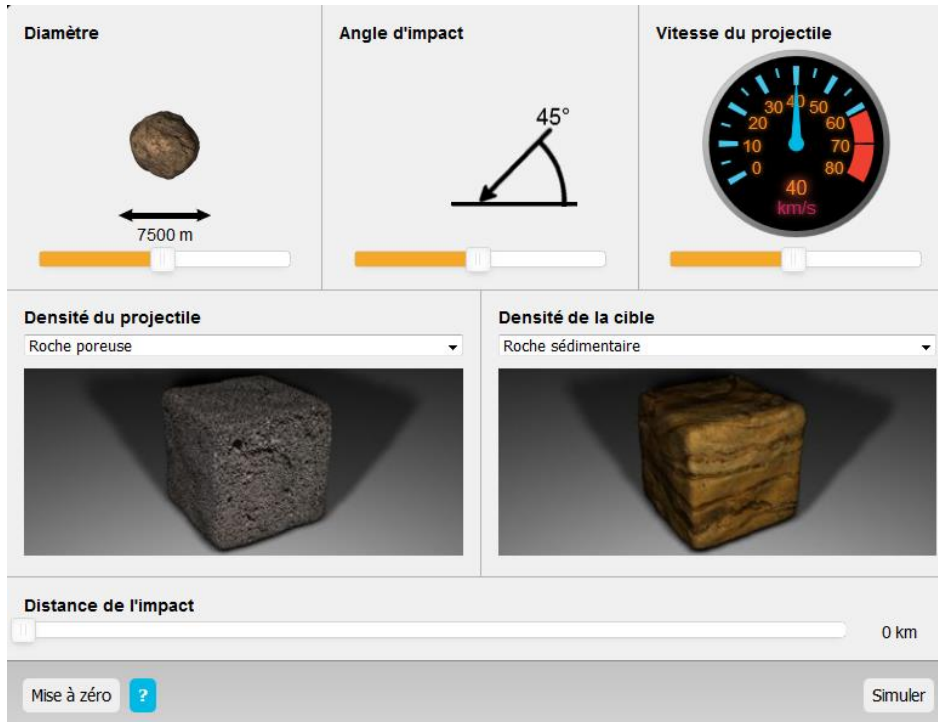
Figure 7 : source : Wikipédia, échelle de Turin

Nous pouvons citer l'astéroïde "Aphophis", un objet géocroiseur de type sidérite. Possédant un diamètre de 325 mètres et une masse allant de 40 à 50 millions de tonnes, son niveau monta directement à 4, et les scientifiques le regardèrent avec attention. Il était classé 4 sur l'échelle de Turin jusqu'au 10 janvier 2010 mais à partir de cette date, le risque qu'il heurte la Terre étant devenu nul, il est passé à 0 (sans risque)

Grâce au logiciel "Craters on Earth and other planets ", il est possible de simuler l'impact et les dégâts causés par une météorite.

Nous pouvons modifier l'angle d'impact, la vitesse, la taille, la densité du projectile ainsi que celle de la cible.

Disponible sur ce site : <http://simulator.down2earth.eu/planet.html?lang=fr-FR>



L'idée est de fixer tous les paramètres à l'exception d'un, puis de comparer les résultats.

### Test 1 :

Diamètre : 7 500 m.

Angle : 45°.

Vitesse : 40 km/s.

Densité du projectile : Roche poreuse.

Densité de la cible : Roche sédimentaire.

Distance de l'impact : 200 km.

### Détails de l'impact :

Le cratère aura une profondeur de 977 m pour un diamètre de 52836 m. Les éjecta auront une épaisseur de 1,37 m et l'astéroïde se disloquera à une altitude de 86176 m. A 200 km de l'impact, toutes les personnes seront brûlées au troisième degré sur la majeure partie du corps, ce qui équivaut à une mort presque certaine.

### Test 2 :

Diamètre : 15 000 m.

Angle : 45°.

Vitesse : 40 km/s.

Densité projectile : Roche poreuse.

Densité cible : Roche sédimentaire.

Distance de l'impact : 200 km.

Le cratère aura une profondeur de 1 189 m pour un diamètre de 101566 m. Les éjecta auront une épaisseur de 13,88 m et l'astéroïde se disloquera à une altitude de 86176m. A 200 km de l'impact, toutes les personnes seront brûlées au troisième degré sur la majeure partie du corps, ce qui équivaut à une mort presque certaine.

### Test 3 :

Diamètre : 7 500 m.

Angle : 45°.

Vitesse : 80 km/s.

Densité projectile : Roche poreuse.

Densité cible : Roche sédimentaire.

Distance de l'impact : 200 km.

Le cratère aura une profondeur de 1 056m pour un diamètre de 68420 m. Les éjecta auront une épaisseur de 3,43 m et l'astéroïde se disloquera à une altitude de 97266m. A 200 km de l'impact, toutes les personnes seront brûlées au troisième degré sur la majeure partie du corps, ce qui équivaut à une mort presque certaine.

### Test 4 :

Diamètre : 7 500 m.

Angle : 90°.

Vitesse : 40 km/s.

Densité projectile : Roche poreuse.

Densité cible : Roche sédimentaire.

Distance de l'impact : 200 km.

Le cratère aura une profondeur de 1 016 m pour un diamètre de 60213 m. Les éjecta auront une épaisseur de 2,18 m et l'astéroïde se disloquera à une altitude de 86,176 m. A 200 km de l'impact, toutes les personnes seront brûlées au troisième degré sur la majeure partie du corps, ce qui équivaut à une mort presque certaine.

### Test 5 :

Diamètre : 7 500 m.

Angle : 45°.

Vitesse : 40 km/s.

Densité projectile : Roche poreuse.

Densité cible : 800 m d'eau.

Distance de l'impact : 200 km.

Le cratère aura une profondeur de 1 214 m pour un diamètre de 108728 m. Les éjecta auront une épaisseur de 17,66 m et l'astéroïde se disloquera à une altitude de 86176 m. A 200 km de l'impact, toutes les personnes seront brûlées au troisième degré sur la majeure partie du corps, ce qui équivaut à une mort presque certaine.

### Test 6 :

Diamètre : 7 500 m.

Angle : 90°.

Vitesse : 40 km/s.

Densité projectile : Glace.

Densité cible : Roche sédimentaire.

Distance de l'impact : 200 km.

Le cratère aura une profondeur de 970 m pour un diamètre de 51683m. Les éjecta auront une épaisseur de 1,27 m et l'astéroïde se disloquera à une altitude de 94345 m. A 200 km de l'impact, toutes les personnes seront brûlées au troisième degré sur la majeure partie du corps, ce qui équivaut à une mort presque certaine.

### Test 7 :

Diamètre : 7 500 m.

Angle : 45°.

Vitesse : 40 km/s.

Densité du projectile : Roche poreuse.

Densité de la cible : Roche sédimentaire.

Distance de l'impact : 400 km.

Le cratère aura une profondeur de 977 m pour un diamètre de 52836 m. Les éjecta auront une épaisseur de 1,37 m et l'astéroïde se disloquera à une altitude de 86176 m. A 200 km de l'impact, toutes les personnes seront brûlées au troisième degré sur la majeure partie du corps, ce qui équivaut à une mort presque certaine.

## 8- RETOUR SUR LA TERRE

### EXPLOSION DANS L'ATMOSPHERE

Comment se dispersent les différents morceaux d'une météorite lors de son entrée dans l'atmosphère ?

Pour cela nous avons utilisé :

- Un drap blanc.
- Un ventilateur.
- Du sable avec des grains de différentes tailles.
- Un appareil photo.

Voici notre protocole.

- Disposer le drap sur une surface plane.
- Allumer le ventilateur.
- Lancer une poignée de grains de sable face au ventilateur pour simuler l'arrivée d'un noyau de comète dans l'atmosphère terrestre.
- Relever les positions des grains et observer leur répartition.

Voici nos observations.



Figure 14 : ellipse de chute.

D'après notre expérience nous avons observé que les grains se répartissaient dans une ellipse. De plus les gros grains allaient plus loin que les petits car ils sont moins freinés par l'air.

Le 26 avril 1803, après avoir vu un globe de feu traverser le ciel et entendu plusieurs explosions, une pluie de météorites estimée à quelque 3 000 fragments s'abat au Nord de la ville de l'Aigle, dans le département de l'Orne, sur une aire elliptique de 11 km<sup>2</sup>.

Le ministre de l'Intérieur envoie Jean-Baptiste Biot pour mener une enquête sur ce phénomène. Ce dernier venait d'être nommé membre de l'Institut le 11 avril 1803, il avait 28 ans. Grâce à son travail sur le terrain, la communauté scientifique de l'époque, alors sceptique, prend enfin conscience de l'origine extraterrestre des pierres célestes.

D'après [http://www.astrosurf.com/astrojanus/Meteorites%20presentation\\_chondrites%20ordinaires.htm](http://www.astrosurf.com/astrojanus/Meteorites%20presentation_chondrites%20ordinaires.htm)

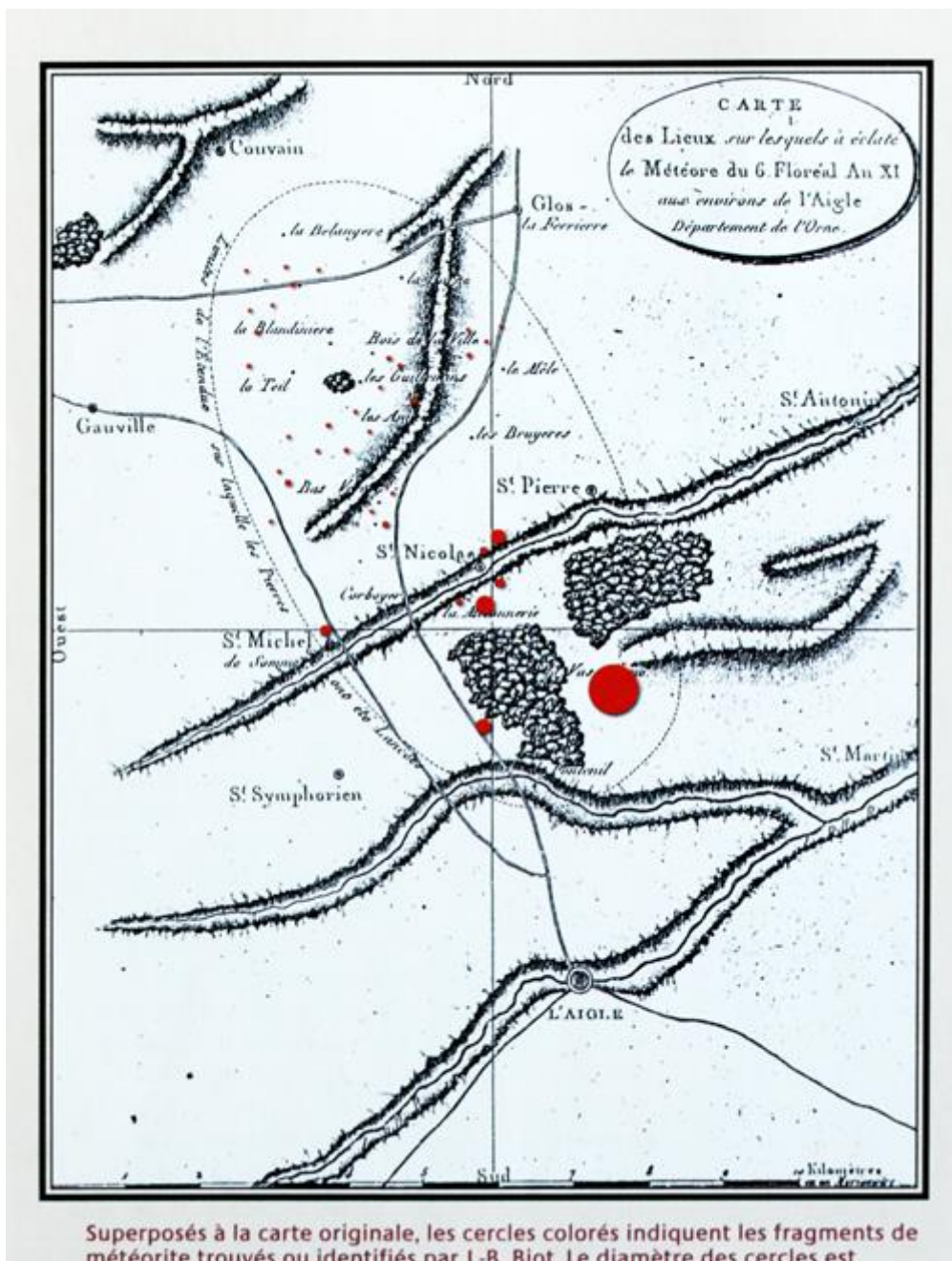


Figure 15 : Carte de la chute de la météorite de l'Aigle publiée dans le rapport présenté à l'Institut national sur laquelle sont reportés les principaux points de chute des fragments trouvés ou identifiés par Jean-Baptiste Biot.

## 9- RETOUR SUR LA TERRE

### IMPACT, ENTRE DESTRUCTION MAJEURE ET APPARITION DE LA VIE

Existe-t-il des cratères terrestres ?

Nous avons pu observer à l'aide du logiciel « impact.scardycatfilms » de nombreux cratères présents sur la Terre.

Sur ce logiciel, des icônes de différentes couleurs sont affichées à l'emplacement des cratères.

Les icônes en vert désignent les cratères qui sont encore visibles aujourd'hui.

Les icônes en rouge désignent quant à elles les cratères disparus.



Figure 16 : Cratère de Talemzane en Algérie

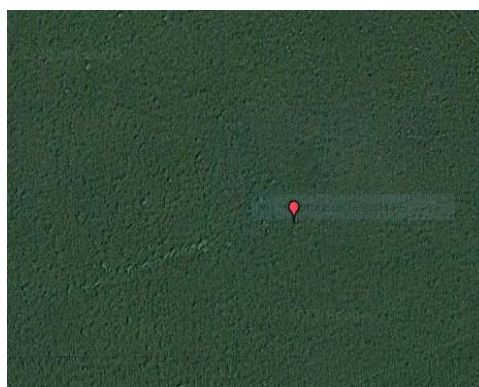


Figure 17 : Cratère de Rochechouart en France

Mais pourquoi les cratères terrestres sont si discrets ? La Terre a-t-elle reçue moins d'astéroïdes ? Nous pensons bien que non, et avons recherché les différents facteurs pouvant faire disparaître un cratère.

- l'atmosphère.
- le climat.
- la végétation.
- l'eau (pluie, ruissellements ...).
- l'Homme.
- chute dans les océans.
- la tectonique des plaques

# La vie peut-elle surmonter un tel impact ?



Figure 18 : cratère de Manicouagan l'un des plus anciens cratères d'impact connus et le plus grand cratère d'impact « visible » sur Terre. Diamètre 85 km.

Pour reconnaître un cratère, il faut remarquer que ses pentes sont douces, il est en forme de saladier, ce n'est pas un gouffre aux parois verticales.



Figure 19 : météor crater (Wiki).



Figure 20 : île de Marie-Galante, la Gueule Grand Gouffre

En France, le cratère de Rochechouart est le seul recensé. Pour vérifier qu'un cratère est d'origine météoritique, il faut trouver autour des matériaux spécifiques, comme des morceaux de quartz choqués dont la formation nécessite des énergies énormes.

Les impacts n'ont-ils causé que destruction sur la Terre ?

On sait que les comètes ont apporté des éléments essentiels à la vie. Nous avons récupéré ces résultats lors de la mission Rosetta qui était une expédition où un atterrisseur, Philae, a atterri sur 67P/Tchourioumov-Guérassimenko. Cette mission a été organisée par l'ESA.

Ainsi on sait que sur les comètes ou du moins sur celles du même type que Tchouri, il y a de la glycine, un acide aminé et du phosphore. Ces deux éléments sont essentiels à la vie et constitue la base de tout organisme vivant, l'ADN.

De plus, l'eau est un constituant essentiel des comètes. La glace des comètes aurait pu apporter l'eau des océans.

Rosetta a été réalisée en partie à Toulouse, les astrophysiciens, ingénieurs et scientifique du groupe de recherche en géodésie spatiale, Institut de recherche en astrophysique et planétologie, Observatoire Midi-Pyrénées et de l'université Toulouse III Paul Sabatier ont réalisé par exemple toutes les études des données reçues par Philae ou encore ils ont piloté depuis Toulouse l'atterrisseur. Comme quoi Toulouse est une place forte au niveau mondial pour le spatial.

## GLOSSAIRE : LES PETITS CORPS DU SYSTEME SOLAIRE

**Astre** : tous les objets naturels visibles dans le ciel et situés au-delà de l'atmosphère terrestre sont des astres.

**Astéroïde** : Petit corps rocheux ou métallique, de forme irrégulière, qui gravite autour du Soleil. (Les astéroïdes se rencontrent principalement entre l'orbite de Mars et celle de Jupiter [ceinture principale d'astéroïdes] et au-delà de Neptune [ceinture de Kuiper].)

**Achondrite** : Météorite différenciée constituée de silicates. Provient de la surface ou du manteau d'un astéroïde.

**Bolide** : étoile filante dont l'éclat est supérieur à celui de la planète Vénus.

**Comète** : Astre du système Solaire orbitant et observable à proximité du Soleil ; il est de plus suivi d'une traînée lumineuse appelée : Chevelure.

**Ceinture de Kuiper** : La ceinture de Kuiper, est une zone du Système solaire s'étendant au-delà de l'orbite de Neptune, entre 30 et 55 unités astronomiques. Cette zone en forme d'anneau est similaire à la ceinture d'astéroïdes, mais plus étendue, 20 fois plus large et de 20 à 200 fois plus massive.

**Centaures** : petits corps glacés qui gravitent autour du Soleil entre Jupiter et Neptune. Les centaures sont généralement de petite taille.

**Corps (petit)** : En astronomie, un petit corps du Système solaire est un objet céleste du Système solaire orbitant autour du Soleil et qui n'est ni une planète, ni une planète naine.

**Etoile** : Tout astre visible, excepté le Soleil et la Lune ; point brillant dans le ciel, la nuit.

**Étoile filante** : Une étoile filante est le phénomène lumineux qui accompagne l'entrée dans l'atmosphère d'un corps appelé météoroïde. Il s'agit d'un petit corps circulant dans l'espace à une vitesse pouvant atteindre 42 km/s dans un référentiel lié au Soleil, lorsque son orbite croise celle de la Terre.

**Géocroiseur** : les astéroïdes géocroiseurs sont des astéroïdes évoluant à proximité de la Terre.

**Météorite** : Corps rocheux d'origine extraterrestre qui a survécu à la traversée de l'atmosphère et qu'on retrouve donc sur le sol.

**Nuage de Oort :** En astronomie, le nuage de Oort est un vaste ensemble sphérique hypothétique de corps approximativement situé entre 20 000 à 30 000 unités astronomiques jusqu'à plus de 100 000 ua, bien au-delà de l'orbite des planètes et de la ceinture de Kuiper.



Figure 21 : Sauriez-vous retrouver l'astéroïde Herculina sur cette image ?



Figure 22 : Un peu en dessous du centre de la photo 21.