



Quake Moon ... back to Apollo missions !

Jean-Luc Berenguer, Lycée International de Valbonne

Objectif : A partir des données des missions Apollo (le programme Apollo est le programme spatial de la NASA mené durant la période 1961 – 1975), on détermine quelques particularités de la surface de la Lune à partir des vitesses des ondes sismiques enregistrées.

Préparatifs (en téléchargement sur le site) :

Un logiciel SIG (Système d'Information Géographique comme Google Moon, Educarte Moon ...),

Si vous devez utiliser Google Moon, il vous faudra aussi un logiciel pour lire les sismogrammes (SeisGram2K) et un jeu de sismogrammes enregistrés lors d'un impact.

Eventuellement, une vidéo d'un site d'alunissage avec le travail des astronautes.

Déroulement :

Step 1 - Localisation des sites d'alunissage des certaines missions Apollo

Localisez sur votre carte de la Lune l'emplacement des sites d'alunissage 12, 15 et 16. Une vidéo peut illustrer un de ces sites d'étude des astronautes (voir InSight Edu Médiathèque). Repérez notamment le sismomètre installé sur ce site d'alunissage > FIG. 1

Step 2 - Calcul de vitesse de propagation des ondes sismiques sur la Lune.

La chute du moteur du dernier étage de la fusée d'Apollo17 (SIVB512) a provoqué un impact sur la Lune ayant généré des ondes sismiques enregistrées par les sismomètres déjà en place. Localisez sur votre carte la chute du SIVB512. Ouvrir les sismogrammes enregistrés à l'aide de Seisgram2K (SG2K)*. Pointez pour chaque sismogramme enregistré sur chaque station le délai $T_p - T_0$. Trouver alors un moyen pour évaluer la vitesse des ondes P lorsqu'elles se propagent dans les premières couches de la Lune > FIG. 2

*Si vous utilisez EduCarte_Moon, l'application SG2K et les données si-ont intégrées au logiciel.

Step 3 – Mettre en relation ses résultats avec un modèle de vitesse de la Lune

Comparer alors les résultats obtenus avec le modèle de vitesse de la Lune proposé par les chercheurs. Leur modèle de vitesse a été obtenu par l'étude de très nombreux enregistrements obtenus sur huit années d'étude sur la Lune. On peut alors s'interroger sur la structure de surface de la Lune révélée par la sismologie et la mettre en relation avec les observations des astronautes.

Documentation complémentaire :

Liste des impacts artificiels provoqués par la chute des modules lunaires et moteurs

https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_impact.html

Liste des sites d'alunissage des missions Apollo

<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apolloiland.html>

Carte de la Lune

<https://www.google.com/moon/>

Comprendre la sismologie lunaire

http://insight.oca.eu/images/InSight_Medias/pdf/Poster_lune.pdf

Une typologie des séismes lunaires

https://www.nasa.gov/exploration/home/15mar_moonquakes.html

Pour aller plus loin ...

Réaliser la même activité avec des données d'autres événements disponibles en ligne, ce qui pourra compléter et affiner le modèle.

Réaliser des localisations d'épicentres par triangulation des données enregistrées sur les stations, ce qui est le même exercice que sur terre mais plus fascinant !

Documentation sur la planétologie de la Lune en anglais : Lunar & planetary science (NASA)

<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planets/moonpage.html>



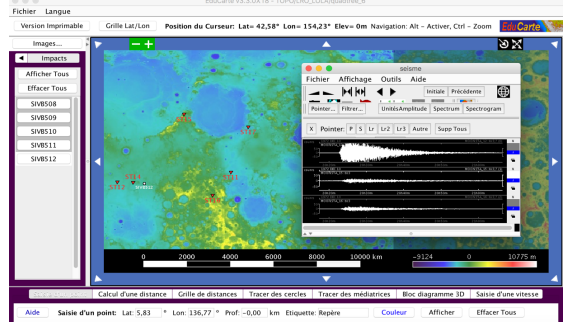
FIGURES 1 :



Site d'alunissages des Missions (1969 - 1972)				
Mission	Site d'alunissage	Latitude	Longitude	Date d'alunissage
Apollo 11	Mer de la tranquillité	0.674 N	23.473 E	20 Juillet 1969
Apollo 12	Océan des tempêtes	3.013 S	23.422 W	19 Novembre 1969
Apollo 14	Fra Mauro	3.646 S	17.472 W	05 Février 1971
Apollo 15	Mont Hadley	26.132 N	3.633 E	30 juillet 1971
Apollo 16	Mont Descartes	8.973 S	15.501 E	20 Avril 1972
Apollo 17	Vallée de Taurus-Littrow	20.191 N	30.772 E	11 Décembre 1972

<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apolloland.html>

FIGURES 2 :

<p>Enregistrements des stations (STA12, STA15, STA16) suite à l'impact du SIVB12 (avec EduCarte_Moon)</p>	<p>Détermination du délai $tp-to$ à chaque station à partir de l'analyse des sismogrammes (avec SeisGram2K)</p>																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>$tp-to$</th> <th>Distance épacentrale</th> <th>Vitesse ondes P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Station 12</td> <td>322 s</td> <td>339 km</td> <td>1,05 km/s</td> </tr> <tr> <td>Station 15</td> <td>367 s</td> <td>1023 km</td> <td>2,79 km/s</td> </tr> <tr> <td>Station 16</td> <td>348 s</td> <td>865 km</td> <td>2,49 km/s</td> </tr> </tbody> </table>		$tp-to$	Distance épacentrale	Vitesse ondes P	Station 12	322 s	339 km	1,05 km/s	Station 15	367 s	1023 km	2,79 km/s	Station 16	348 s	865 km	2,49 km/s				
	$tp-to$	Distance épacentrale	Vitesse ondes P																		
Station 12	322 s	339 km	1,05 km/s																		
Station 15	367 s	1023 km	2,79 km/s																		
Station 16	348 s	865 km	2,49 km/s																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Date</th> <th>Time (UT)</th> <th>Latitude</th> <th>Longitude</th> <th>Impact Velocity (km/s)</th> <th>Impact Energy (ergs)</th> <th>Angle from Horizontal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Apollo 17 SIVB</td> <td>10 Dec. 1972</td> <td>20:32:42.3</td> <td>4.1681 S</td> <td>12.3307 W</td> <td>2.55</td> <td>4.71×10^{17}</td> <td>55</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Date	Time (UT)	Latitude	Longitude	Impact Velocity (km/s)	Impact Energy (ergs)	Angle from Horizontal	Apollo 17 SIVB	10 Dec. 1972	20:32:42.3	4.1681 S	12.3307 W	2.55	4.71×10^{17}	55	<p>Impact time are Earth received time, approximately 1,3 seconds later than real time in the Moon.</p>				
Object	Date	Time (UT)	Latitude	Longitude	Impact Velocity (km/s)	Impact Energy (ergs)	Angle from Horizontal														
Apollo 17 SIVB	10 Dec. 1972	20:32:42.3	4.1681 S	12.3307 W	2.55	4.71×10^{17}	55														

FIGURES 3 :

