

Vivez depuis école au rythme de la mission / *Follow Insight mission at school !*



Edu'InSight
100 schools from 15 countries

Retour sur la Lune ! / *Back to the Moon!*

**Premier sismomètre sur la face cachée de la Lune avec Artemis ... grâce à Mars !/
*First seismometer on the far side of the Moon with Artemis ... thanks to Mars!***

Le projet Artemis de la NASA prévoit le retour des humains sur la Lune. Trois éléments principaux seront déployés vers notre satellite naturel lors de la mission Artemis 3. Le premier est le projet **Lunar Vertex**, constitué d'un atterrisseur et d'un rover, le second est le projet **Lunar Interior Temperature and Materials Suite (LITMS)**, un ensemble de capteurs qui étudieront les flux thermiques et la conductivité électrique du sous-sol lunaire et finalement le projet **Farside Seismic Suite (FSS)** transportant deux sismomètres sur la Lune.

*NASA's Artemis project aims to return humans to the surface of the Moon. In the goal of preparing for this task, three main payloads will be deployed to the nearest neighbor of the Earth with Artemis 3. First is the **Lunar Vertex**, constituted by a lander and a rover, the second is the **Lunar Interior Temperature and Materials Suite (LITMS)** which will investigate the heat flow and electrical conductivity of the lunar interior and finally the **Farside Seismic Suite (FSS)** carrying two seismometers.*



Image de Mars et la Lune : montage obtenu des images réalisées le jour de l'occultation du 8 Décembre 2022 /
Image of Mars and the Moon: assembled from images taken during the occultation of 8 December 2022
courtesy to Dominique Albanes, Côte d'Azur Observatory

L'instrument **FSS** sera construit par le CNES (Centre national des études spatiales) et l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) pour la NASA. Il sera installé dans le cratère de Schrödinger, un grand cratère d'impact sur la face cachée au pôle Sud de la Lune. Les sismomètres permettront d'acquérir des données sismiques depuis la face cachée de la Lune ... future destination pour les astronautes d'Artemis 3 !

Chosen by the NASA, the FSS instrument will be built by CNES (Centre national des études spatiales) and the Institut de physique du globe de Paris (IPGP). It will be delivered to Schrödinger basin, a large impact crater on the far side of the Moon near the South Pole and it will allow the first acquisition of seismic measurements from its far side which is a future destination for Artemis astronauts !

🇫🇷 Ce sismomètre français du projet **FSS** sera assez similaire de l'instrument d'exploration martienne **SEIS** (mission InSight, 2018). La sensibilité du sismomètre Very Broad Band (VBB) de SEIS sera améliorée d'un facteur de 3 ce qui permettra de mieux détecter le déplacement du sol. Le projet **FSS** vise à étudier la structure lunaire profonde (mais aussi de comparer l'activité sismique entre les deux faces de la Lune et d'évaluer ainsi l'activité tectonique locale).

🇬🇧 *This french seismometer **FSS** will be based on a spare model of the Mars exploration instrument **SEIS** (InSight mission, 2018). More specifically, the sensitivity of the Very Broad Band (VBB) seismometer of **SEIS** will be improved by a factor of 3 which will better detect the displacement of the ground. **FSS** aims to investigate the deep lunar structure (as the difference between near and far side activity) and the evaluation of local tectonic activity.*



🇫🇷 Artemis 3 est prévu d'atterrir sur la Lune d'ici 2025 et le **FSS** renverra des données avec une précision sans précédente !

🇬🇧 *Artemis 3 is scheduled to launch towards the Moon by 2025 and the **FSS** will return data with unprecedented sensitivity!*

🤖 Des données sismologiques de la Lune ... cela existe déjà ! /
Seismological data from the Moon ... it already exists !

🇫🇷 Le **programme Apollo** est le programme spatial de la NASA mené durant la période 1961 – 1972. Six missions (Apollo 11, 12, 14, 15, 16, 17) se sont posées sur divers sites lunaires et y ont séjourné jusqu'à trois jours. Ces expéditions ont permis de rapporter 382 kilogrammes de roche lunaire et de mettre en place plusieurs instruments scientifiques dont des sismomètres.



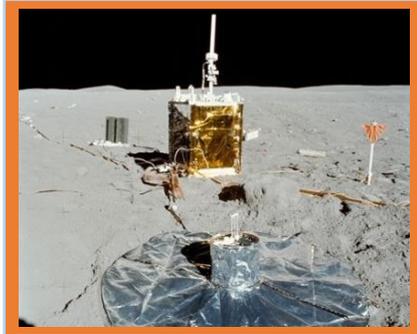
Pose d'instrument /
Instrument installation
credit : NASA, Apollo 11

Ainsi, de nombreux évènements sismiques ont été enregistrés et permis de faire de grands progrès sur la connaissance de la structure de la Lune.

🇬🇧 *The Apollo program is the NASA space program carried out during the 1962-1972 period. Six missions (Apollo 11,12,14,15,16,17) landed on various lunar sites and stayed there for up to three days. These expeditions made it possible to bring back 382 kilograms of lunar rock and to set up several scientific instruments including seismometers.*

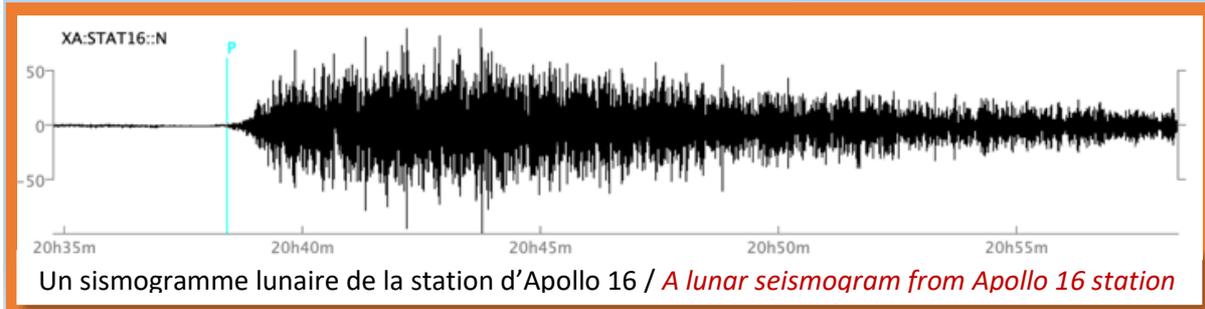
Therefore several seismic events have been recorded and allowed to make great progress on the knowledge of the structure of the Moon.

🇫🇷 Lors de la dernière mission, la NASA a volontairement provoqué la chute du moteur du dernier étage de la fusée d'Apollo 17 (SIVB512). Cette chute a provoqué un impact sur la Lune (comme peut le faire un météore) et cela a généré des ondes sismiques enregistrées par les sismomètres installés lors des missions précédentes.



Sismomètre lunaire /
Lunar seismometer
credit : NASA, Apollo 16

🇬🇧 *During the last mission, NASA deliberately caused the engine of the last stage of the Apollo 17 rocket (SIVB512) to fall. This fall caused an impact on the Moon (as a meteor can) and this event generated seismic waves recorded by the seismometers installed during previous missions.*



Ces données sont à découvrir sur le site

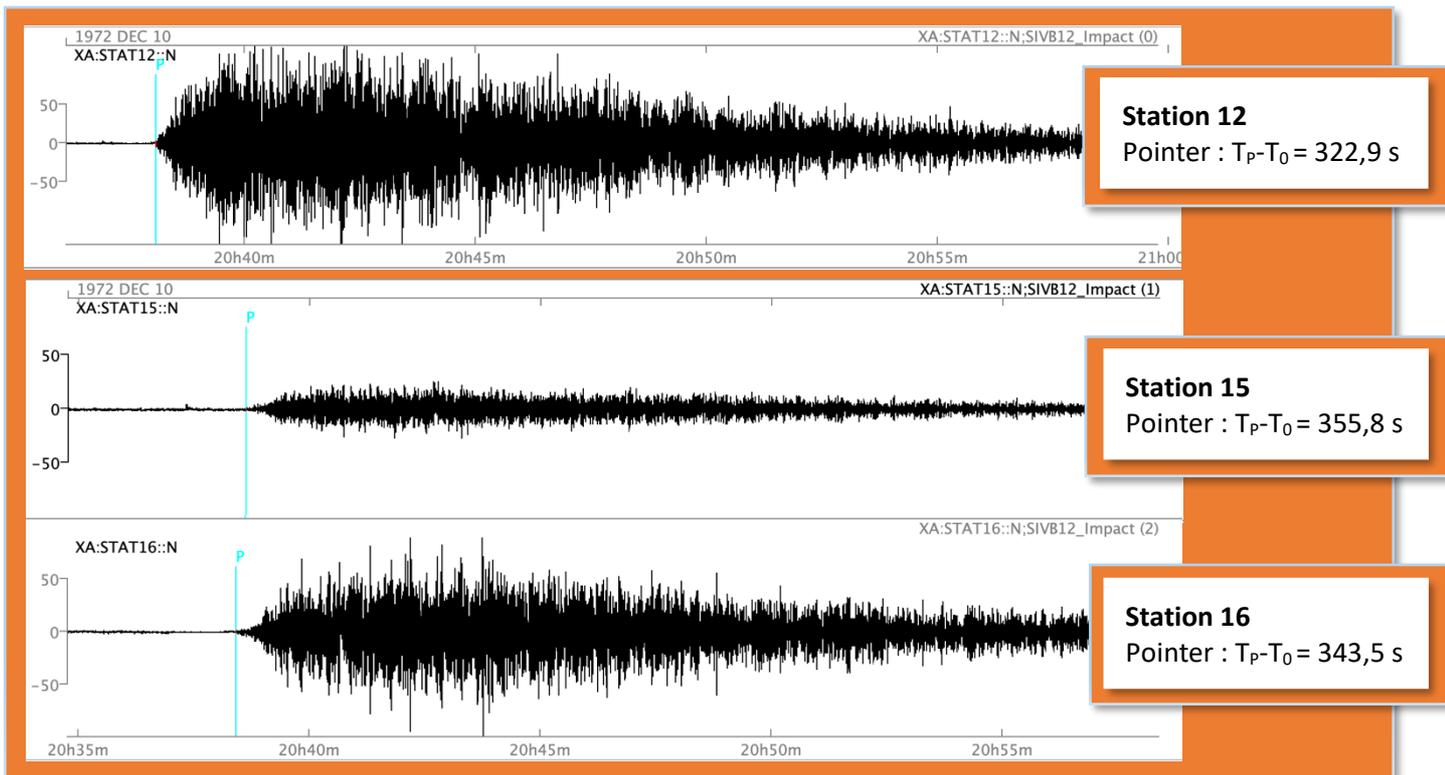
<https://insight.oca.eu/fr/hands-on-pratiques/topic-data/>

C'est aussi le prétexte pour un nouveau challenge ! /

It is also the pretext for a new challenge!

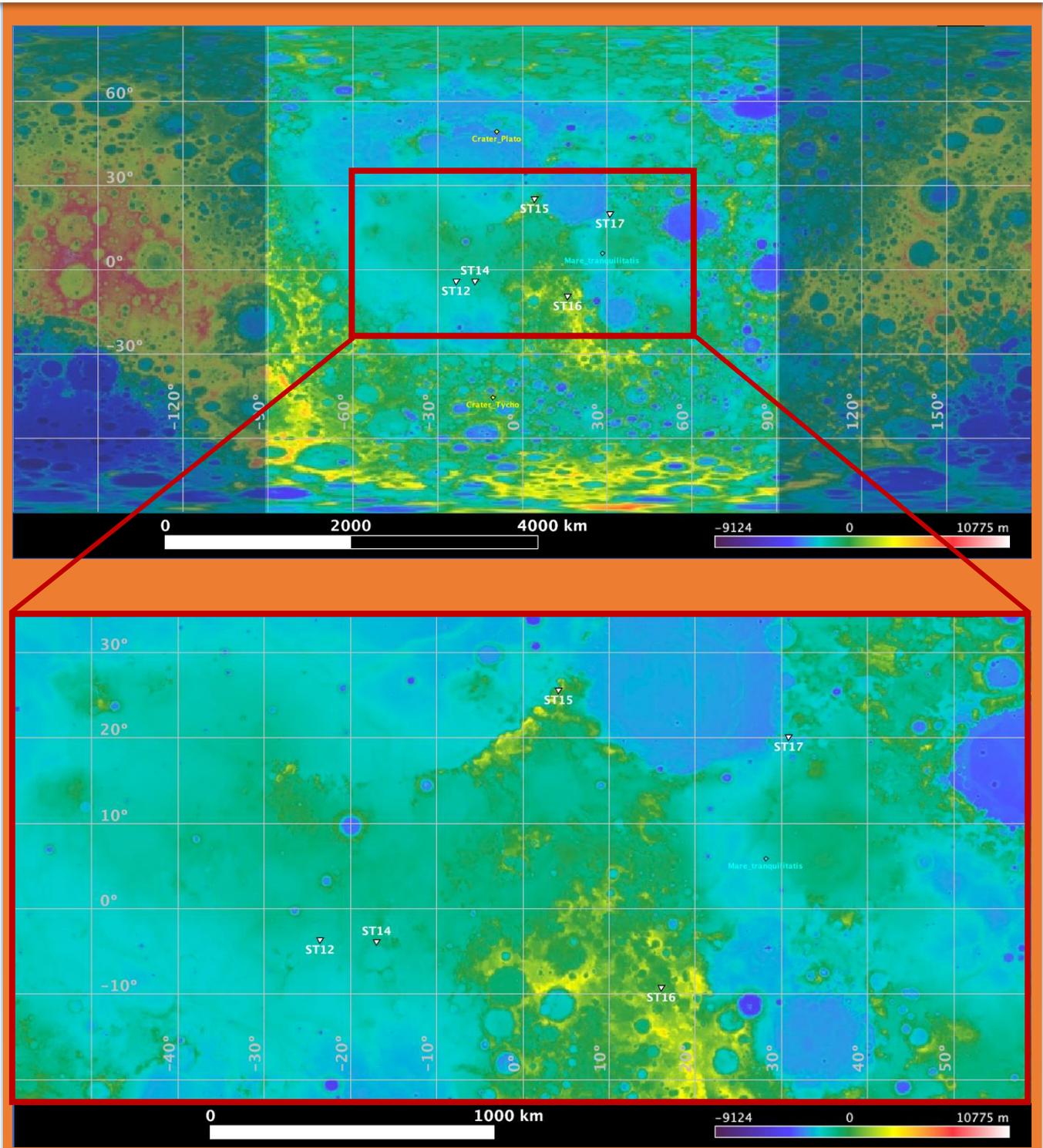
Sismogrammes enregistrés par quelques sismomètres lunaires, lors de la chute du moteur du dernier étage de la fusée d'Apollo 17 (SIVB512) le 10 décembre 1972. /

Seismograms recorded by some lunar seismometers, during the fall of the engine of the last stage of the Apollo 17 rocket (SIVB512) on December 10, 1972.



Carte de la Lune et l'emplacement des stations sismologiques lunaires par les missions Apollo (12, 14, 15, 16 et 17) /
Map of the Moon and locations of lunar seismological stations by the Apollo missions (12, 14, 15, 16 and 17)

Partie claire : zone visible de la Lune, **partie ombrée :** zone cachée de la Lune/
Light zone: near side of the Moon, **dark zone:** far side of the Moon



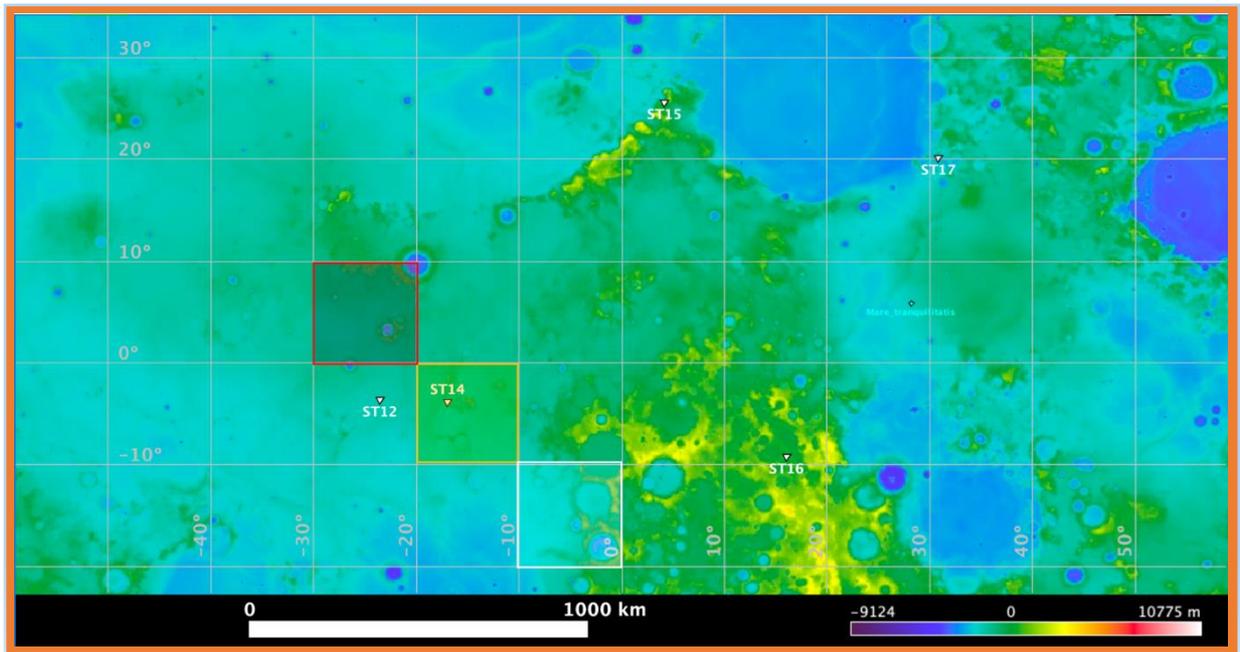
Questions et réponses / Questions and answers :

■ ■ Question 1. A partir des données précédentes, localiser sur la carte l'emplacement de l'impact provoqué par la chute du moteur du dernier étage de la fusée d'Apollo 17.

Choisir entre le carré rouge, jaune ou blanc de la carte. Expliquer votre méthode.

 **Question 1.** From the previous data, localise on the map the location of the impact caused by the drop of the motor from the top floor of the Apollo 17 rocket.

Choose between the red, yellow and white squares on the map. Explain your method.



Méthode / Method

 **Question 2.** Calculer la vitesse de propagation des ondes P sur la Lune pour chaque station d'enregistrement :

 **Question 2.** Calculate the propagation velocities of P waves on the Moon for each recording station :

<p>Station 12 Pointer : $t_P - t_0 = 322,9$ s</p>	<p>Réseau / <i>network</i> : XA Station : STAT12 Station Latitude : $-3,033^\circ$ Station Longitude: $-23,434^\circ$ Distance: 338,369 km ou / <i>or</i> $11,163^\circ$</p>	<p>$V_P = \underline{\hspace{2cm}}$</p>
<p>Station 15 Pointer : $t_P - t_0 = 355,8$ s</p>	<p>Réseau / <i>network</i> : XA Station : STAT15 Station Latitude : $26,064^\circ$ Station Longitude: $3,673^\circ$ Distance: 1 032,369 km ou / <i>or</i> $34,045^\circ$</p>	<p>$V_P = \underline{\hspace{2cm}}$</p>

Station 16Pointer : $t_P - t_0 = 343,5$ sRéseau / *network* : XA

Station : STAT16

Station Latitude : $-8,969^\circ$ Station Longitude: $15,526^\circ$

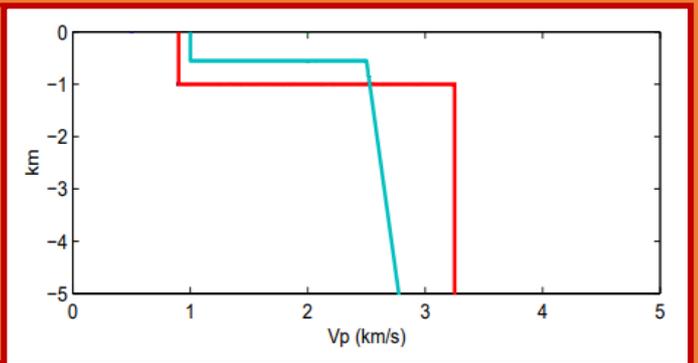
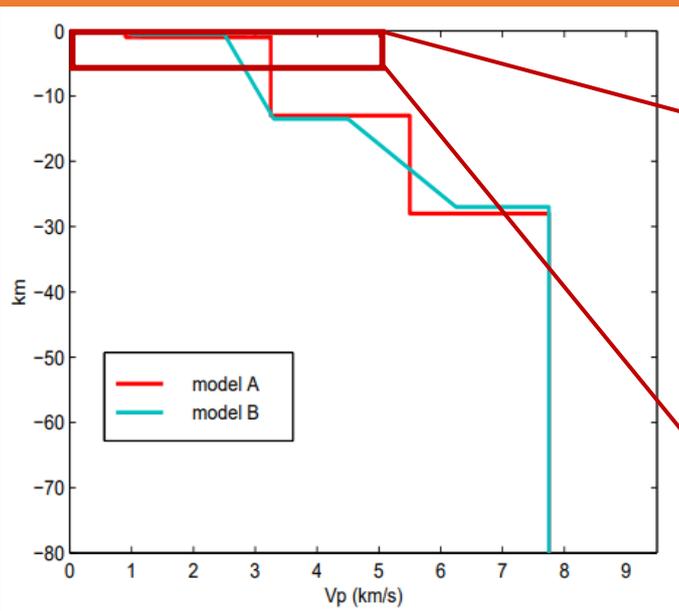
Distance: 850,37 km

ou / *or* $28,043^\circ$ $V_P = \underline{\hspace{2cm}}$

Question 3. A partir de très nombreuses données obtenues avec les sismomètres d'Apollo, les chercheurs ont réussi à modifier et améliorer le modèle de vitesse des ondes sismique sur la Lune.

Question 3. From the numerous data obtained with the sismometers of Apollo, researchers successfully modified and improved the velocity model of seismic waves on the Moon.

Original (A)			Modified (B)		
Depth	V_P	V_S	Depth	V_P	V_S
0.0	0.90	0.461	0.0	1.0	0.5
0.55	0.90	0.461	0.55	1.0	0.5
1.0	0.90	0.461	0.55	2.5	1.25
1.0	3.25	1.795	1.0	2.53	1.26
...
13.0	3.25	1.795	13.0	3.25	1.64
13.0	5.50	3.858	13.0	3.25	1.64
13.5	5.50	3.858	13.5	3.3	1.65
13.5	5.50	3.858	13.5	4.5	2.1
...
...	...	...	27.0	6.25	3.0
...	...	...	27.0	7.75	3.8
28.0	5.50	3.858	...	...	...
28.0	7.75	4.436	...	...	...
...
...	...	...	38.0	7.75	4.533
...	...	...	38.0	7.75	4.533
43.0	7.75	4.436	...	...	...
43.0	7.75	4.533	...	...	...

Lognonné et al. [2003]Modèles de vitesse crustal / *Crustal velocity models*
profondeur / *depth* (km) ;vitesses (V_P et V_S) des ondes P et S (km/s) /
velocities (V_P et V_S) of P and S waves (km/s)**Hugues Chenet – Université Paris-Diderot – Paris VII, 2003**Modèles de vitesse crustal / *crustal velocity models*Modèle originale / *Original model*: Model A.Modèle modifié / *Modified model*: Model B.

En utilisant le modèle B, retrouvez le parcours que les ondes P ont réalisé pour aller du point d'impact (épicode) à la station d'enregistrement. /

Find using model B the path the P waves to go from the impact point (epicenter) to the recording station.

Réponse / Answer :

Station	V_p	Profondeur atteinte par l'onde P / <i>Depth reached by P waves</i>
STAT12		
STAT15		
STAT16		

Comment expliquer les changements brutaux de vitesse des ondes avec la profondeur ? /

How the sudden change in wave velocities with depth can be explained?

Réponse / Answer :

Question 4. La mission Artemis 3 permettra à des astronautes de se poser sur la face cachée de la Lune. Un des sites prévus pour l'alunissage est le cratère de Schrödinger. Les astronautes y installeront un sismomètre similaire à InSight sur Mars.

Question 4. *Artemis 3 will allow astronauts to land on the far side of the Moon. One possible lunar landing site is the Schrödinger crater. The astronauts will place a sismometer similar to the one of InSight on Mars.*

Rechercher le diamètre de ce cratère lunaire :/

Search the diameter of this lunar crater :

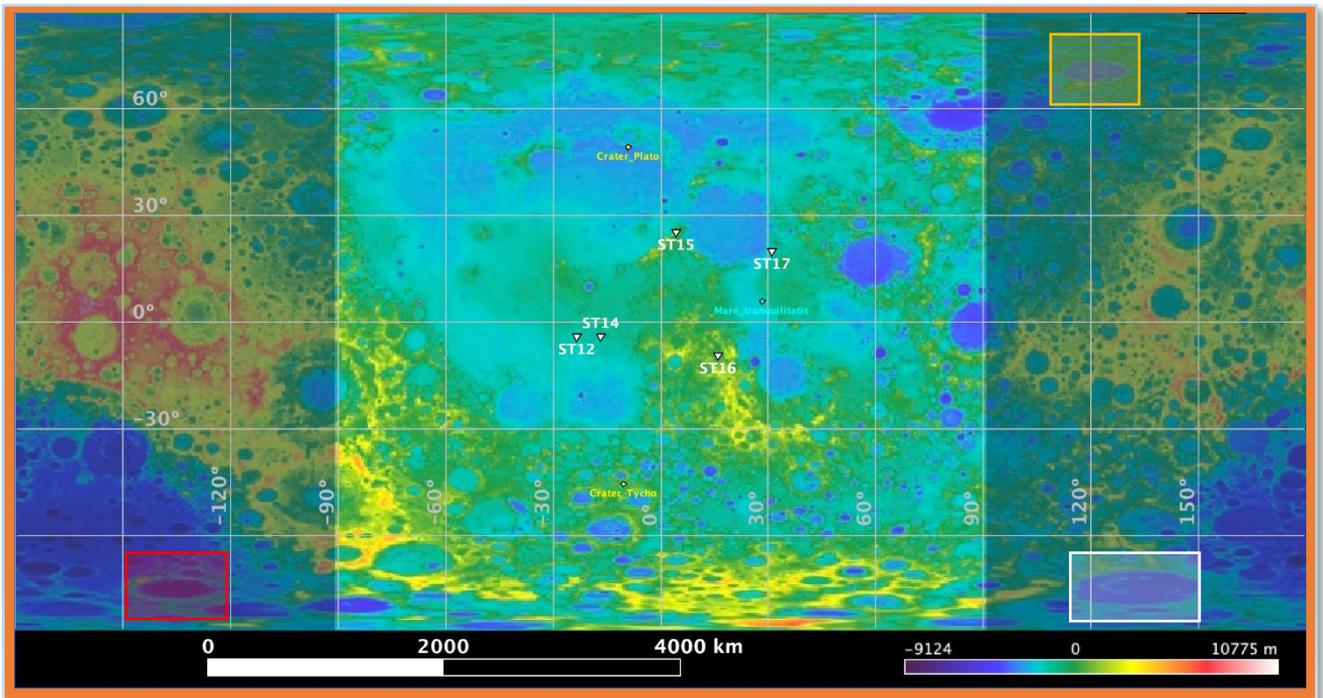
Réponse / Answer :

Diamètre / *Diameter*

Localiser sur la carte ci-dessous le potentiel futur site d'alunissage d'Artemis 3.

Choisir entre le carré rouge, jaune ou blanc de la carte :/

Localise on the following map the potential future lunar landing site of Artemis 3. Choose between the red, yellow and white squares on the map:



🇫🇷 Environ 80 % de la surface de la Lune est couverte de cratères ... Tous ces cratères sont donc des marques d'impact laissées à la surface par d'anciennes météorites ou d'autres corps célestes.

Les impacts de météorites façonnent aussi la Terre, Mars et la Lune depuis plus de quatre milliards d'années.

Notre prochaine aventure concernera ces impacts de cratères et les enregistrements obtenus quand un météore impacte la Terre ou Mars !

🇬🇧 *About 80% of the lunar surface is covered in craters... All these craters are therefore impacts indentations left on the surface by ancient meteorites or other celestial bodies. Meteor impacts also shape the Earth, Mars and the Moon since more than four billion years ago.*

Our next adventure will concern these craters and the recordings obtained when a meteor impacts the Earth and Mars !

Réponses avant le 24 Avril / **Answers before 24 April to** > insight@geoazur.unice.fr

Précisez le nom et l'adresse de l'école avec un mail de contact /

Specify the name and address of the school with a contact e-mail

Bonne chance ! Good luck !



Imperial College
London

