

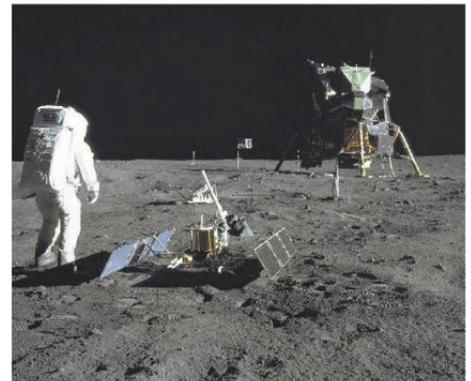
Exercice : Détermination de la structure de la Lune

La Lune est le satellite de la Terre. Sa proximité a permis de nombreuses investigations sur sa structure et ses roches depuis les années 1960.

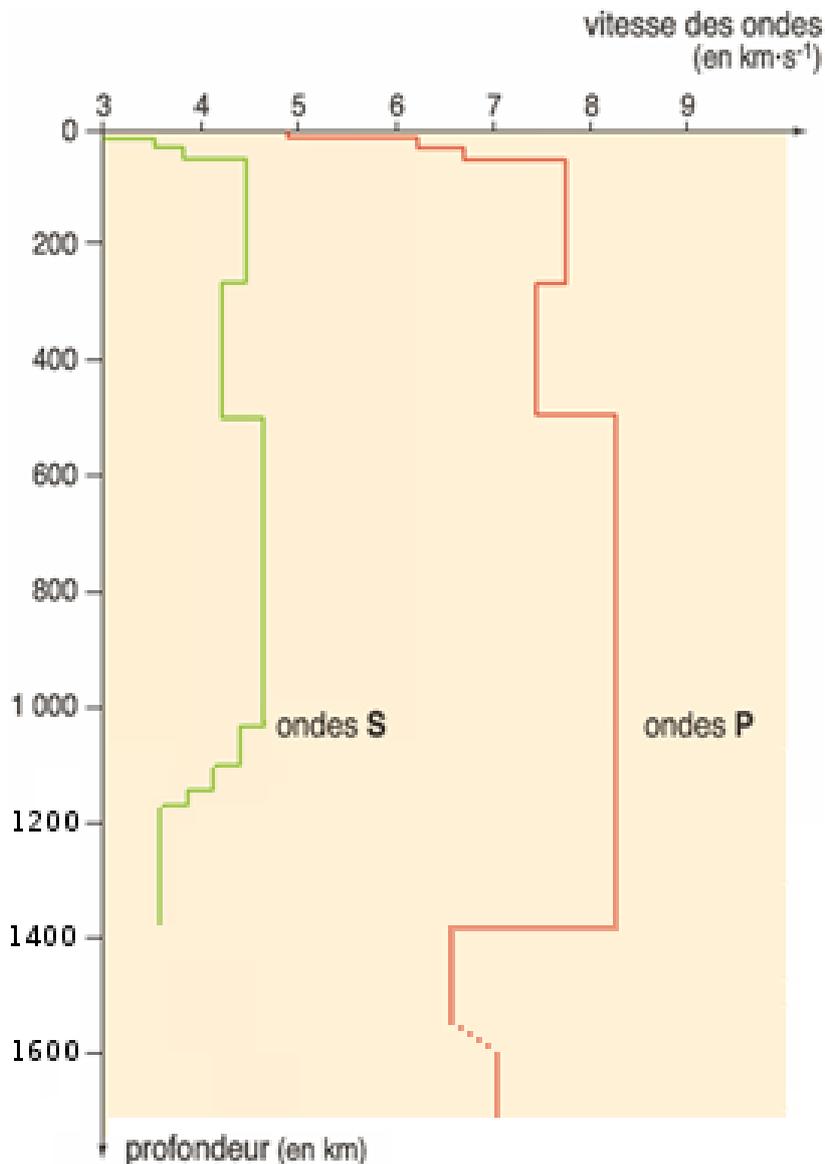
A l'aide de vos connaissances et de l'ensemble des documents, déterminez la structure interne probable de la Lune et les roches qui y sont associées. Vous réaliserez un schéma pour illustrer votre propos. Vous déterminerez ensuite quel est l'âge de la Lune et discuterez des valeurs obtenues par les différentes études.

Document 1 : Vitesse des ondes P et S en fonction de la profondeur sur la Lune

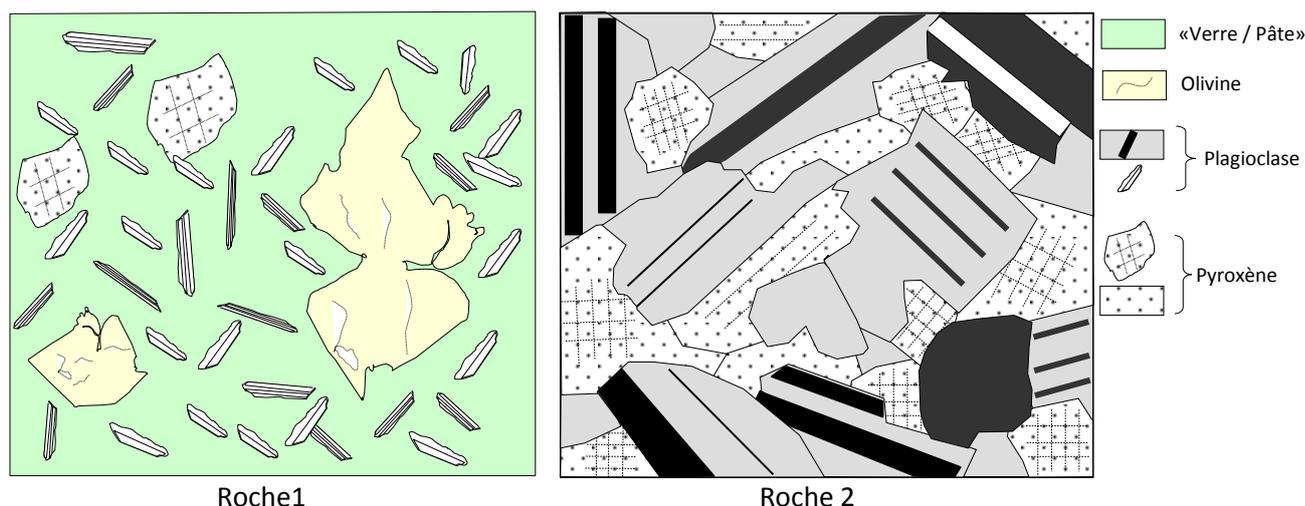
Les missions Apollo ont permis de déterminer la structure de la Lune, satellite terrestre de 1738 km de rayon. Pour ce faire, une étude sismique a été réalisée. Les ondes P sont les plus rapides (ondes premières) et les ondes S, plus lentes, ne se propagent pas dans les liquides.



Mission Apollo 11 (1969). En avant-plan, Aldrin et le sismographe Alsep.



Document 2 : Observation microscopique de roches superficielles de la Lune (<60 km de profondeur)



Document 3 : Quelques caractéristiques de roches terrestres

Afin de déterminer quelles sont les roches et composants des enveloppes lunaires, on a identifié les caractéristiques de roches terrestres proches de celles échantillonnées sur la Lune.

Roche \ Caractéristiques	Basalte	Gabbro	Pyroxénite	Dunite	Péridotite
Composition	Pyroxène, olivine et feldspath	Pyroxène et feldspath, parfois olivine	Riche en pyroxène	Olivine et pyroxène	Olivine et pyroxène
Texture	Hémicristalline	Holocristalline	Holocristalline	Holocristalline	Holocristalline
Localisation	Croûte Océanique	Croûte Océanique	Manteau superficiel	Manteau superficiel	Manteau superficiel et profond
Vitesse des ondes P (km/s)	5 à 7	5 à 7	Entre 7 et 8	Entre 7 et 8	Plus de 8

Document 4 : La Lune aurait un noyau similaire à la Terre

Début 2011, les scientifiques de la NASA ont publié une nouvelle analyse des données des missions Apollo en recoupant les données de 4 sismomètres déployés entre 1969 et 1972 sur la Lune. Ces outils ont enregistré des données jusqu'en 1977. Les conclusions de l'équipe suggèrent que la Lune possède un noyau interne riche en fer solide avec un rayon de près de 241 km. Cette graine serait entourée d'un noyau fluide, principalement composé de fer liquide et d'éléments légers (nickel et soufre) avec un rayon d'environ 330 km.

Néanmoins, ils estiment qu'il existe une différence notable avec la Terre. En effet, la diminution graduelle de la vitesse des ondes S montre qu'il existerait une couche limite partiellement fondue autour du noyau estimée à avoir un rayon de près de 482 km.

Source : http://www.nasa.gov/topics/moonmars/features/lunar_core.html

Document 5 : L'âge de la Lune par la méthode Rb/Sr

Afin de mieux comprendre l'origine de notre satellite naturel, de nombreuses équipes ont étudié l'âge des roches lunaires et notamment de météorites lunaires riches en dunite. La détermination de cette richesse. On rappelle que $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$.

Dunite lunaire				
8 Echantillons de météorite lunaire				
	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
RT9517	228	257	0,16111	0,72103
RT9518	260	252	0,18817	0,72321
RT9519	258	235	0,20013	0,72381
RT9520	263	212	0,22593	0,72537
RT9521	319	249	0,23348	0,72599
RT9522	365	211	0,31530	0,73135
RT9523	312	189	0,30145	0,73029
RT9524	337	210	0,29201	0,73009

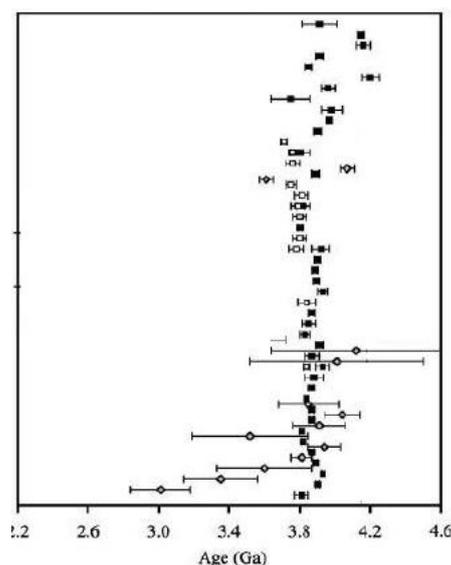
Document 6 : L'âge de la Lune par la méthode Pb/Pb et Sm/Nd

L'échantillon étudié dans ce travail est une anorthosite riche en fer (60025). La datation a été réalisée par mesure isotopique des différents minéraux qui composent la roche (pyroxène et plagioclase). Les auteurs de l'article ont donc daté par deux méthodes différentes (Pb-Pb et Sm-Nd) l'échantillon 60025 collecté au cours de la mission Apollo 12 (1969) qui représente selon le modèle conventionnel de formation de la Lune un prélèvement de la croûte lunaire. **L'âge obtenu est de 4,36 Ga.** Le fait que les 2 méthodes utilisées produisent pour la première fois le même âge rend ces résultats particulièrement robustes.

Cet âge se rapproche fortement des âges obtenus sur les plus anciens minéraux terrestres, des zircons découverts dans le craton ouest Australien (dépôts de Jack Hills). Le plus vieux zircon daté a un âge de $4.404 \pm 8 \text{ Ma}$. Sa composition chimique montre qu'il provient d'un granite donc d'une croûte continentale signifiant que la Terre était déjà bien évoluée. Le fait que la roche lunaire analysée soient 30 millions d'années plus jeune que ce zircon terrestre implique que la Lune s'est accrétée relativement lentement après l'impact géant, ou bien qu'elle a accumulé suffisamment de chaleur pour retarder sa solidification.

Source :

Chronological evidence that the Moon is either Young or did not have a global magma ocean. Lars E. Borg, James N. Connelly, Maud Boyet & Richard W. Carlson - Nature 2011, doi:10.1038/nature10328



Document 7 : Etude des terres rares et origine de la Lune

Pour confirmer l'origine possible de la Lune, on a également étudié le spectre des terres rares des échantillons lunaires, comparés à des chondrites (météorites indifférenciées). L'euprium est un élément qui peut facilement devenir divalent et ainsi prendre un comportement similaire à celui du calcium.

