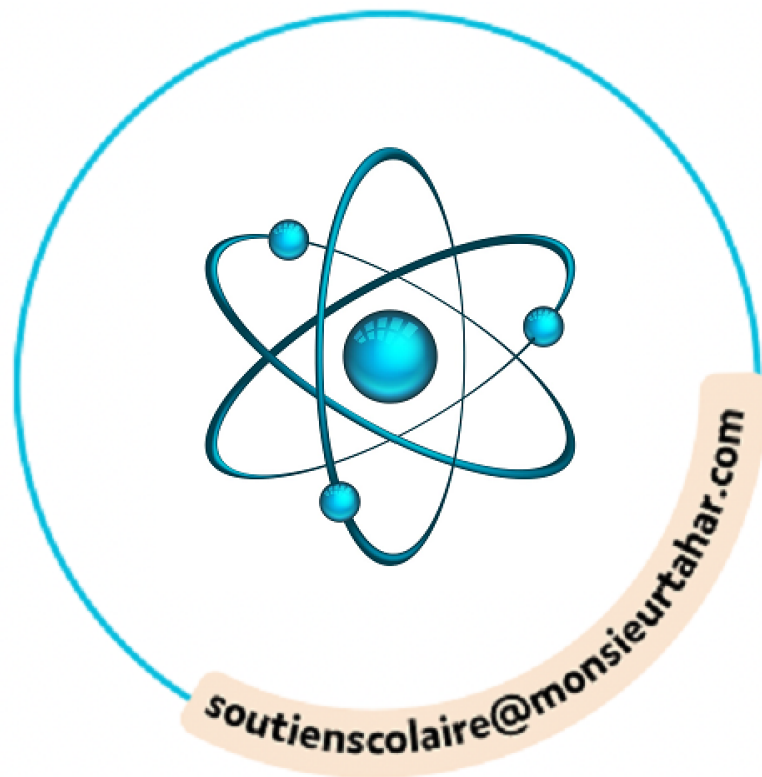


CHAPITRE 6

EXERCICES SERIE 1



Des méthodes pour découvrir la structure de la Terre



QCU

Pour chaque question, indiquer la proposition exacte.

- 1 La croûte continentale :
 - a. est essentiellement constituée de gabbros.
 - b. a une épaisseur de 100 km en moyenne.
 - c. a une densité globalement plus faible que celle de la croûte océanique.
 - d. est essentiellement formée de roches sédimentaires.
- 2 La lithosphère est une enveloppe terrestre :
 - a. constituée de la croûte océanique et de la croûte continentale.
 - b. plus ductile que l'asthénosphère.
 - c. limitée dans sa partie inférieure par une discontinuité appelée Moho.
 - d. constituée de la croûte et de la partie rigide du manteau.
- 3 Le transfert de chaleur au sein du globe terrestre :
 - a. se fait par conduction et convection dans toutes les zones du globe.
 - b. se fait par conduction dans la lithosphère et convection dans le reste du manteau.
 - c. se fait par convection dans la croûte et conduction dans le manteau.
 - d. se fait par conduction dans la croûte et convection dans le manteau lithosphérique.
- 4 La température dans le manteau terrestre :
 - a. évolue de la même façon dans toutes les zones du manteau.
 - b. augmente en fonction de la profondeur.
 - c. peut être mesurée directement grâce à des sondes thermométriques.
 - d. est un paramètre qui n'influence pas la vitesse de propagation des ondes sismiques.

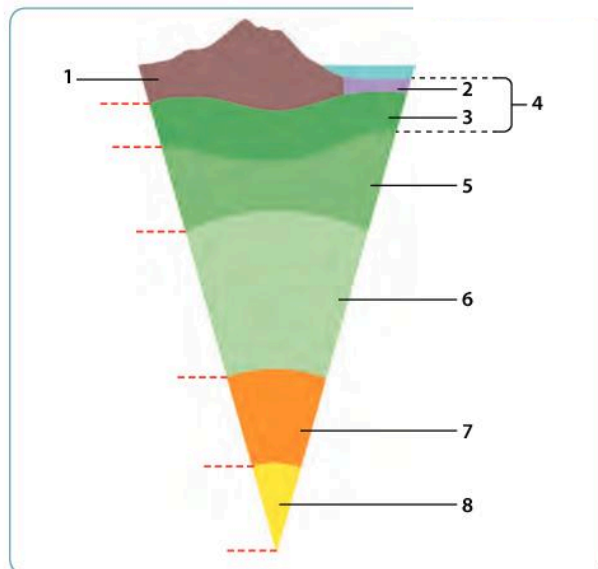
5 Définitions inversées

Retrouver le terme scientifique défini dans chacune des propositions suivantes.

- a. Zone de la surface terrestre où les capteurs sismiques ne réussissent pas à détecter un séisme qui a pourtant eu lieu.
- b. Modèle représentant la structure de la Terre déduit des études sismiques.
- c. Évolution de la température en fonction de la profondeur dans le globe terrestre.
- d. Méthode permettant de détecter des anomalies de vitesses des ondes sismiques dans le globe.

6 Schéma à légender

Sur le schéma suivant, ajouter le nom des enveloppes terrestres, préciser entre parenthèses leur état physique (solide cassant, solide ductile, liquide, solide), indiquer également la profondeur des différentes limites.



7 Phrases à construire

Écrire une phrase qui contient les mots suivants.

- a. vitesse des ondes sismiques état physique
température roches
- b. gradient géothermique conduction
convection
- c. tomographie sismique hétérogénéité
manteau terrestre

8 Vrai / faux

Indiquer si les affirmations suivantes sont exactes en justifiant votre réponse.

- a. Les granites sont des roches dont la structure est grenue.
- b. La vitesse des ondes sismiques est plus importante dans des matériaux ductiles que dans des matériaux cassants.
- c. Il est possible d'estimer la température du noyau terrestre grâce à des expériences réalisées dans un laboratoire.
- d. La conduction est un mode de transfert de la chaleur plus efficace que la convection.

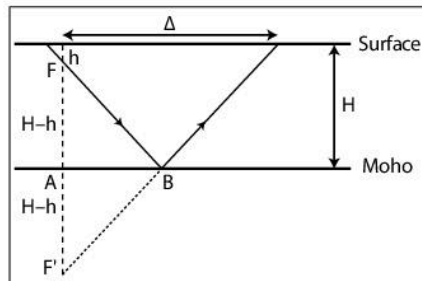
9 Déterminer la profondeur du Moho

Extraire des informations de documents, utiliser ses connaissances sur la propagation des ondes sismiques, raisonner, utiliser des méthodes mathématiques

À partir des informations fournies par les documents, calculer la profondeur du Moho.

Principe de la méthode : grâce aux données de certains séismes présentés dans le logiciel Sismolog, il est possible de calculer la profondeur du Moho. En effet, les ondes P suivies d'un 2^e train d'ondes PmP, qui se sont réfléchies sur le Moho, sont visibles sur certains sismogrammes. Leurs temps d'arrivée peuvent être repérés. Par ailleurs, l'étude de nombreux séismes a permis de déterminer que la vitesse moyenne des ondes P dans la croûte continentale sous les Alpes est de 6,25 km.s⁻¹.

Méthode de calcul : la figure ci-contre représente le trajet des ondes sismiques réfléchies sur le Moho. Les ondes partent du foyer du séisme (F) sont réfléchies au niveau du point B de la discontinuité et remontent en surface où elles seront enregistrées (ondes PmP). Le trajet des ondes directes (trajet foyer → station) n'a pas été représenté. La formule mathématique ci-contre permet de calculer H, la profondeur du Moho.

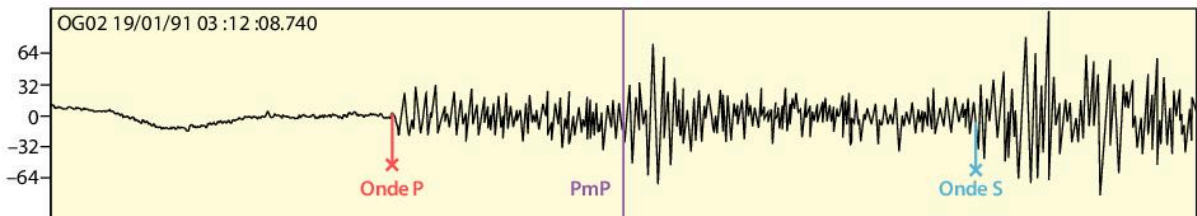


$$\delta t = \frac{\sqrt{(2H-h)^2 + \Delta^2}}{V} - \frac{\sqrt{h^2 + \Delta^2}}{V}$$

$$(2H-h)^2 = (V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2})^2 - \Delta^2$$

$$H = \frac{1}{2} \left[h + \sqrt{(V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2})^2 - \Delta^2} \right]$$

1 Méthode de calcul de la profondeur du Moho



a. Tracé du sismogramme

Profondeur du foyer	$h = 11 \text{ km}$
Distance entre l'épicentre et la station	$\Delta = 63,3 \text{ km}$
Temps d'arrivée des ondes P (ondes directes)	$T = 3 \text{ h } 12 \text{ min } 15,580 \text{ s}$
Temps d'arrivée des ondes PmP (réfléchies)	$T = 3 \text{ h } 12 \text{ min } 18,540 \text{ s}$
Temps d'arrivée des ondes S	$T = 3 \text{ h } 12 \text{ min } 23,080 \text{ s}$

a. Données issues de l'interprétation du sismogramme

2 Sismogramme du séisme du 19/01/1991, enregistré par la station OG02 (Annemasse)

Méthode

Relever les données du séisme du 19/01/1991 présentées dans le Doc. 2 (ou de tout autre séisme présenté dans le logiciel Sismolog).

Remplacer les grandeurs par leur valeur dans la formule mathématique présentée dans le Doc. 1.

Conclure

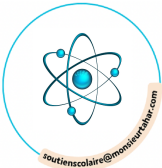
Solution

Analyse des Doc. 1 et 2 :

$$H = \frac{1}{2} \left\{ 11 + \sqrt{[(6,25 \times 2,96) + \sqrt{(11^2 + 63,3^2)}]^2 - 63,3^2} \right\}$$

Conclusion

La profondeur du Moho est de 32,1 km dans la zone du séisme du 19/01/1991 étudié par la station OG02.



10 VERS L'ÉCRIT La structure interne de la Lune

Des études sismologiques ont été menées lors de la mission Apollo (1961-1975), célèbre mission au cours de laquelle l'Homme a pour la première fois posé le pied sur la surface lunaire. Ces études ont permis d'étudier les mille premiers kilomètres de la structure du satellite (le rayon lunaire étant de 1738 km).

La densité moyenne de la Lune a été estimée à 3,46 (celle de la Terre est de 5,5). La densité des roches présentes en surface est plus faible. Cela laisse penser qu'il existe un noyau dont on a évalué le rayon à 300 km.

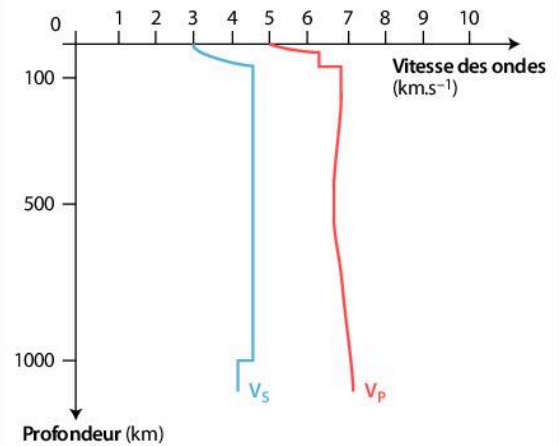
Roches de la surface lunaire (rapportées des missions Apollo)	Densité
Anorthosite (roche noire à gris pâle riche en feldspaths plagioclases)	2,6 à 2,9
Basalte (roche noire sans minéraux visibles)	2,7 à 3

1 Densité de quelques roches lunaires

Caractéristiques des roches	Granite	Basalte	Gabbro	Péridotite (qui compose notamment le manteau terrestre)
Vitesse des ondes P (km.s ⁻¹)	5 - 6	6 - 7	7	8
Densité	2,65	2,9	3	3,2

3 Densités et vitesses des ondes P traversant certaines roches terrestres

En dessous de 1 000 km, on constate un ralentissement des ondes S.



2 Évolution de la vitesse de propagation des ondes S et P dans les 1 000 premiers kilomètres de la Lune

Mettre en relation des informations pour expliquer

À partir des informations présentées dans les documents, **construire** un modèle de la structure interne de la Lune et **établir** des comparaisons avec la structure de la Terre. Vous justifierez votre réponse en présentant votre démarche.

Questionnement différencié

11 Détermination de la densité d'échantillons de roches

Les domaines continentaux et océaniques diffèrent par les roches qui les composent mais aussi par la densité de ces dernières. Deux lots de trois échantillons de roches ont été retrouvés au laboratoire. Chaque lot est pesé puis déposé dans une éprouvette contenant 300 mL d'eau.

Rappels: $d_{\text{corps}} = \rho_{\text{corps}} / \rho_{\text{eau}}$ avec $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.L}^{-1}$

La masse volumique (ρ) d'un corps correspond au rapport entre sa masse et son volume.



1 Pesée et dépôt des échantillons

	Masse (g)	Volume d'eau mesuré dans l'éprouvette contenant les échantillons (mL)
Lot A	172,2	353
Lot B	63,6	324

2 Masse des roches et volumes d'eau mesurés dans les éprouvettes dans lesquelles les roches ont été placées

Comprendre un protocole expérimental, utiliser des notions de base en mathématiques et sciences physiques, réaliser un calcul, utiliser ses connaissances sur la vitesse de propagation des ondes sismiques

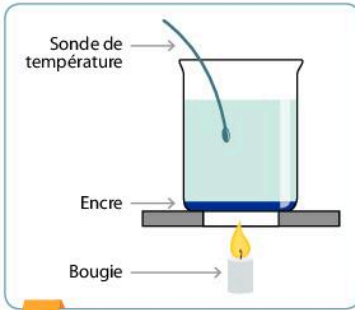
- Calculer la densité des lots de roches A et B.
- À partir des données de l'activité 1 et de vos résultats, proposer des hypothèses sur la nature des roches constituant chacun des lots étudiés.
- Utiliser vos connaissances et les résultats de vos calculs pour déterminer dans quel lot de roches on enregistrera les vitesses de propagation des ondes sismiques les plus importantes.



12 Un panache d'encre pour étudier le transfert de la chaleur

Un montage expérimental simple est réalisé pour modéliser le mécanisme de transfert de chaleur. On dépose de l'encre au fond d'un bécher rempli d'eau. On chauffe celui-ci à l'aide d'une bougie.

Peu de temps après avoir allumé la bougie, l'encre forme un panache qui remonte à la verticale de la source de chaleur. Au moment où le panache passe au niveau de la sonde de température, celle-ci enregistre une augmentation de quelques degrés. Une fois à la surface, l'encre s'étale horizontalement puis redescend au fond du récipient. Au bout de quelques minutes, le contenu du bécher est coloré.



1 Le montage expérimental

2 Résultats de l'expérience

Analyser les résultats d'une expérience, utiliser ses connaissances (en physique et en sciences de la Terre)

- Expliquer** pourquoi la sonde thermométrique indique une augmentation de température lors du passage du panache.
- Déterminer** quel mécanisme de transfert de chaleur a été mis en évidence au cours de cette expérience. **Justifier**.
- Rappeler** dans quelle enveloppe de la Terre se produit ce mode de transfert.

13 Le programme ECORS (Etude Continentale et Océanique par Réflexion et réfractions Sismique)

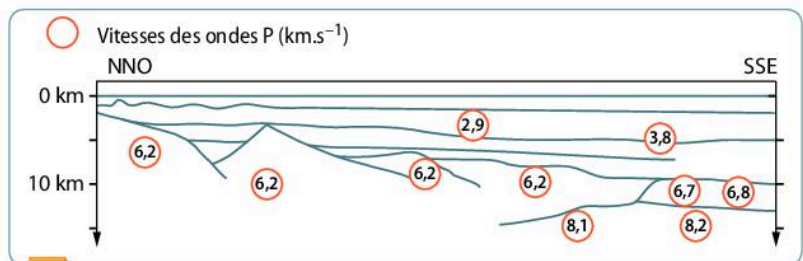
ECORS est un programme de recherche créé en France en 1981 pour étudier la croûte terrestre par les méthodes de réflexion et réfraction sismiques. La réflexion sismique est une technique permettant d'identifier les surfaces sur lesquelles les ondes sont réfléchies (réflecteurs) et donc de préciser la structure de la Terre sur une profondeur de 0 à 15 km.



1 Zone d'étude du golfe du Lion. Une isobathe est une courbe reliant les points d'égale profondeur, sous terre ou sous l'eau.

Extraire des informations d'un document scientifique, communiquer sous forme d'un schéma

Réaliser, à partir des données des documents et du document 2 de l'activité 3, une coupe géologique légendée présentant la structure de cette région entre 0 et 15 km de profondeur.



2 Principaux réflecteurs du golfe du Lion identifiés par ECORS

Source : Bull. Soc. géol. Fr., 166 (1995)

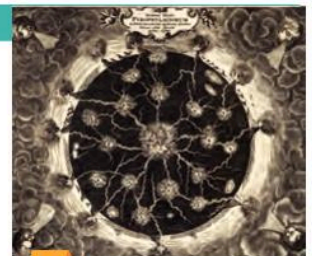
14 VERS L'ORAL Le modèle Kircher

En 1665, un père jésuite, Athanasius Kircher, imagine une représentation de la Terre. Pour lui, le globe est un ancien Soleil refroidi dont il cherche à expliquer les éruptions volcaniques.

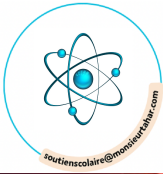


Extraire des informations, mobiliser ses connaissances, communiquer à l'oral

Comparer le modèle de la structure de la Terre actuel (modèle PREM) au modèle proposé par Kircher afin de présenter oralement les deux étapes importantes de l'évolution des connaissances depuis 1665.



1 Le monde souterrain de Kirchner



Les météorites, des sources d'informations précieuses pour connaître notre planète

Impossible d'avoir accès à des échantillons provenant du centre de la Terre !
Qu'à cela ne tienne, les météorites nous délivrent de précieuses informations...

1 Les différents types de météorites

Les météorites sont des corps rocheux extraterrestres qui tombent à la surface de la Terre. On les répartit en deux groupes principaux :

- **les chondrites** (ou météorites indifférenciées) constituées de petits grains sphériques appelés chondres. Elles sont composées d'un mélange de fer métallique (10 à 20% du volume) et de minéraux de la classe des silicates (olivines, pyroxènes, argiles et feldspaths en traces). Les scientifiques ont déterminé qu'il s'agissait des plus anciens objets du système solaire. Elles se sont formées il y a 4,57 Ga.
- **les météorites différenciées** comprenant notamment les achondrites et les sidérites. Certaines achondrites ressemblent à des roches terrestres comme le gabbro (croûte océanique) ou la péridotite (manteau). Les sidérites sont constituées de fer. Les achondrites sont plus récentes que les chondrites de quelques dizaines à centaines de millions d'années.



Échantillon de chondrite



Échantillon d'achondrite



Échantillon de sidérite

2 Tableau comparatif de la composition chimique des chondrites et de la Terre globale

La chimie globale de la Terre est déterminée en calculant la somme pondérée de la chimie des roches de surface, de celles du manteau (déduite entre autres à partir de fragments de manteau remontés par le volcanisme) et celles du noyau (estimée à partir de données indirectes et notamment des données sismiques).

Élément chimique	Chimie d'une chondrite C1	Chimie moyenne : Terre globale
O	46%	30,5%
Fe	18,1%	30,3%
Si	10,7%	17,1%
Mg	9,65%	15,4%
Ca	0,93%	1,7%
Al	0,86%	1,6%
Na	0,51%	0,18%
K	0,06%	0,02%
Autres éléments	13,19%	3,2%

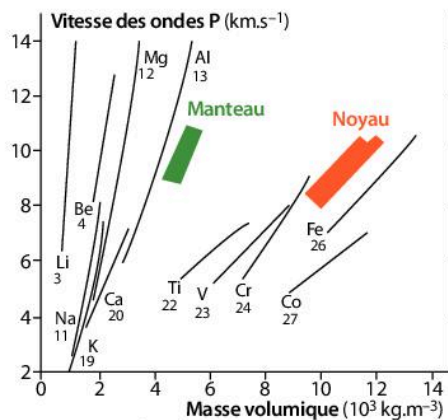
Source: Albarède F., *La Géochimie*, Gordon and Breach, 2001

3 Vitesse de propagation des ondes sismiques dans différents éléments chimiques purs, dans le manteau et dans le noyau

Dans les années 50, Albert Francis Birch, géophysicien américain, détermine la vitesse de propagation des ondes sismiques dans différents éléments chimiques en fonction de leur masse volumique. Il superpose ces données avec les variations de vitesse des ondes sismiques mesurées dans le manteau et dans le noyau. Il propose alors des hypothèses sur la composition chimique du manteau et du noyau.

On considère que les enveloppes terrestres étudiées peuvent être constituées des éléments chimiques dans lesquels les vitesses de propagation se rapprochent le plus de celles déterminées dans ces enveloppes.

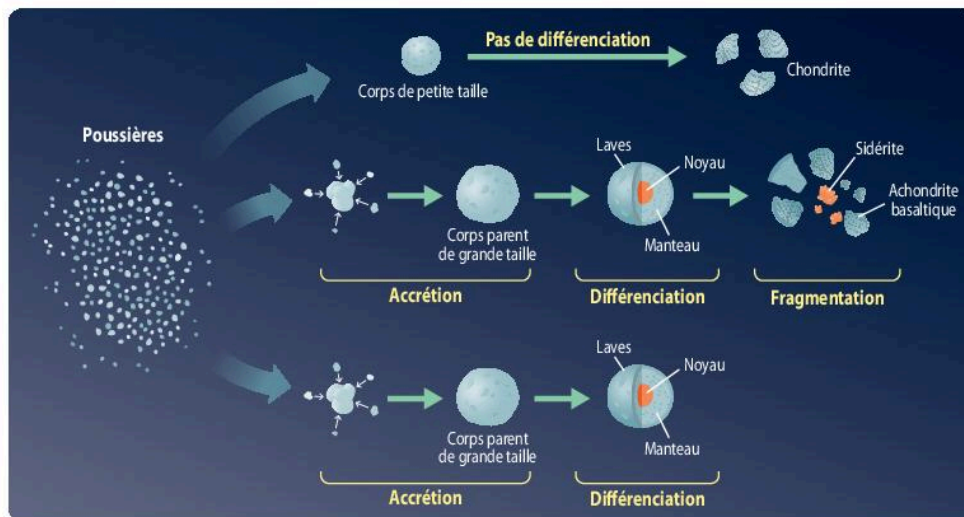
Pour les éléments chimiques, les mesures ont été faites dans différentes conditions de température et de pression (ce qui correspond aux variations de masses volumiques indiquées).



Source : svf.ac-dijon.fr

4 Un modèle pour expliquer l'origine des météorites

Un ensemble de poussières de même composition chimique que les chondrites s'agglomèrent (accrétion) pour former des corps de plus grande taille. Par collisions successives, ces corps forment un agglomérat de taille supérieure. De la chaleur est libérée au cours des impacts. Cette énergie devient de plus en plus importante au fur et à mesure que le corps grossit. À partir d'une certaine température (donc à partir d'une certaine taille), le corps entre en fusion et une différenciation chimique se produit : les éléments chimiques les plus denses migrent au centre de la jeune planète et les moins denses restent en surface.



Modèle de formation des différents objets du système solaire

Source : planet-terre.ens-lyon.fr

Consigne

Extraire des informations de documents, mettre en relation des informations, mobiliser ses connaissances, raisonner, communiquer à l'oral à l'aide d'un support numérique

Montrer en quoi les météorites permettent d'apporter des informations précieuses sur la structure et la composition interne de la Terre. Présenter les éléments essentiels de votre démarche explicative à l'oral, utiliser un diaporama comme support.

➤ Critères de réussite