

La Terre, une planète active

I. La structure interne du globe terrestre

PROGRAMME : Un séisme résulte de la libération brutale d'énergie lors de rupture de roches soumises à des contraintes. Les informations tirées du trajet et de la vitesse des ondes sismiques permettent de comprendre la structure interne de la Terre (croûte – manteau – noyau ; modèle sismique PREM [Preliminary Reference Earth Model], comportement mécanique du manteau permettant de distinguer lithosphère et asthénosphère ; état du noyau externe liquide et du noyau interne solide). Les études sismologiques montrent les différences d'épaisseur entre la lithosphère océanique et la lithosphère continentale. L'étude des séismes au voisinage des fosses océaniques permet de différencier le comportement d'une lithosphère cassante par rapport à une asthénosphère plus ductile. Notions fondamentales : contraintes, transmission des ondes sismiques, failles, réflexion, réfraction, zones d'ombre. Objectifs : l'étude sismologique permet ici d'affiner la compréhension de la structure du globe terrestre et de la lithosphère au-delà de la vision du risque sismique appréhendé par les élèves au collège.

1. Structure profonde du globe

a) Une structure en « écailles d'oignon »

➤ Préparation Activité 1-La structure interne du globe terrestre

Un **séisme** résulte de la libération brutale d'énergie lors de rupture de roches soumises à des contraintes. Dans un milieu homogène, les ondes (sismiques, lumineuses, sonores...) se déplacent en ligne droite. Elles sont déviées (réfléchies et/ou réfractées) si elles entrent dans un nouveau milieu de caractéristiques différentes. On appelle **interface** la séparation entre deux milieux (entre l'eau et l'air pour la lumière, entre la croûte et le manteau pour les ondes sismiques par exemple).

La vitesse et la trajectoire des ondes sismiques dépendent des caractéristiques physico-chimiques des matériaux traversés, en particulier de leur masse volumique, leur rigidité, leur température et leur état physique (solide, liquide...).

➤ A1D1 Vitesse des ondes sismiques en fonction de la profondeur

La vitesse des ondes augmente proportionnellement à la profondeur (car la pression augmente avec la profondeur), sauf à certains « paliers » où elles accélèrent ou ralentissent brusquement : la nature des matériaux change au niveau de ces **surfaces de discontinuité** (ou interfaces).

➤ A1 Document de référence le modèle PREM de la structure du globe

- Le globe est composé de trois enveloppes : la **croûte**, le **manteau** et le **noyau**.
- ❖ [Exercice \(bilan A1\) : mise en évidence de la limite entre la croûte et le manteau](#)
- La croûte est séparée du manteau par la discontinuité de Mohorovicic (le **Moho**).

b) Rappels : roche, minéral, cristal...

➤ A2D1 Cartes géologiques

On distingue trois types de roches :

- Sédimentaires : recouvrent la plupart des autres roches en couches d'épaisseur variable
- Magmatiques : proviennent d'un magma refroidi en profondeur (plutoniques) ou en surface (volcaniques)
- Métamorphiques : proviennent de la transformation d'autres roches (sédimentaires, magmatiques ou déjà métamorphisées).

Les roches **sédimentaires**, qui couvrent la croûte sur près des $\frac{3}{4}$ de la surface du globe, ne représentent qu'une très fine couche, négligeable en masse.

Une roche est constituée de minéraux, sous forme de verre et/ou de cristaux¹.

- Un **minéral** est caractérisé par sa composition chimique ; c'est un assemblage d'atomes et/ou d'ions.
- Un **cristal** résulte de l'organisation en réseaux géométriques d'atomes et/ou d'ions. Il apparaît sous forme d'un grain dans une roche, visible à l'œil nu ou au microscope.²
- Le **verre** est une « pâte » correspondant à la partie non cristallisée d'une roche (solide amorphe).
- Un **magma** est un liquide à haute température (> 600°C) provenant du manteau et donnant des roches (magmatiques).

c) Le manteau terrestre³

Le manteau est identique sous un continent et sous un océan. Il est essentiellement constitué de **péridotite** (parfois accessible en surface grâce à la remontée de magma), une **roche** à structure grenue constituée de pyroxènes et d'olivine, des **minéraux** riches en fer et en magnésium.

Roche représentative	La péridotite	
Type de roche	Magmatique (plutonique)	
Minéraux principaux	Les pyroxènes	L'olivine
Composition chimique des minéraux	(Mg, Fe) ₂ (SiO ₃) ₂	(Fe, Mg) ₂ [SiO ₄]
Éléments chimiques principaux	O, Si, Mg, Fe	
Structure de la roche	grenue	
Présence de verre	Non	

La péridotite est plus dense (d = 3,2 à 3,3) que les roches des croûtes (densités moyennes du granite : d = 2,7 ; du basalte : d = 2,9 ; du gabbro : d = 3,0).

Principaux minéraux des roches représentatives des lithosphères continentale et océanique		
Croûte continentale	Croûte océanique	Manteau
Quartz (silice pure SiO ₂)	-	-
Feldspaths potassiques et Micas (riches en Al et K)	Feldspaths plagioclases (riches en Na et Ca)	-
-	Pyroxènes, Olivine, Amphibole (riches en fer et magnésium)	Pyroxènes et Olivine (riches en fer et magnésium)

➔ *Les roches représentatives des croûtes (continentale et océanique) et du manteau sont constituées de **minéraux silicatés**, comportant tous les éléments chimiques O et Si. Il existe un petit nombre d'**éléments chimiques majeurs** (O, Si, Al, Na, Mg, K et Ca) et seulement 3 groupes de « roches représentatives » : le granite, le basalte et le gabbro, la péridotite.*

d) Le noyau terrestre

➤ A1D3 La zone d'ombre

On observe que les ondes S (qui ne sont pas transmises par les liquides), se propagent dans tout le globe sauf dans le noyau externe (entre 2900 et 5100 km de profondeur) : le noyau externe est donc la seule partie « liquide » de la Terre, tout le reste du **globe est solide**.

Cette observation a permis de déterminer le rayon du noyau.

¹ Voir cours d'enseignement scientifique « Des édifices ordonnés : les cristaux »

² On peut prendre comme image : roche = forêt, cristal = arbre, minéral = essence (espèce) de l'arbre.

³ La composition de la croûte sera détaillée dans le chapitre suivant « Un océan n'est pas un continent couvert d'eau ».

➔ Les études sismiques ont permis d'élaborer le modèle PREM (« Preliminary Reference Earth Model ») des enveloppes terrestres.

2. Lithosphère, asthénosphère

a) La zone de faible vélocité (LVZ)

➤ A1D4 La zone de faible vélocité (ou LVZ)

À une centaine de kilomètres de profondeur environ, les ondes sismiques sont ralenties, suite à une diminution de la *rigidité* de la péridotite dans cette zone (d'une épaisseur d'environ 200 km).

Ce ralentissement des ondes dans la « low velocity zone » ou « LVZ » provient d'une élévation de la *température* :

- A moins de 1300°C (au-dessus de la LVZ), la roche est **cassante** : ceci correspond à la **lithosphère** où des séismes peuvent avoir lieu.
- Au-dessus 1300 °C, la roche devient **ductile** car elle commence à fondre partiellement (quelques % seulement de la roche fondent). Ceci correspond à l'**asthénosphère**. La roche n'étant pas cassante, aucun séisme ne peut s'y produire.

La limite inférieure de l'asthénosphère est à 670 km de profondeur.

b) Les lithosphères océanique et continentale

Une plaque lithosphérique est constituée de la partie superficielle du manteau surmontée de croûte océanique ou continentale, ou des deux. L'asthénosphère est constituée par le manteau profond.

La lithosphère est formée de la croûte et de la partie supérieure du manteau. Les lithosphères océanique et continentale ne diffèrent donc que par la composition et l'épaisseur de leurs croûtes (épaisseur : 7 km sous les océans, 35 km sous les continents).

➤ Structure superficielle de la Terre

Exercice : légènder la coupe du globe terrestre avec les données ci-dessous :

Enveloppes : manteau supérieur, manteau inférieur, lithosphère, croûte océanique, croûte continentale

Interface : Moho

Roches : granite, basalte, gabbro, péridotite

Densités : 2,7 / 3,2 / 3,3

Source : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=774

