

Chapitre 1 – La structure du globe terrestre

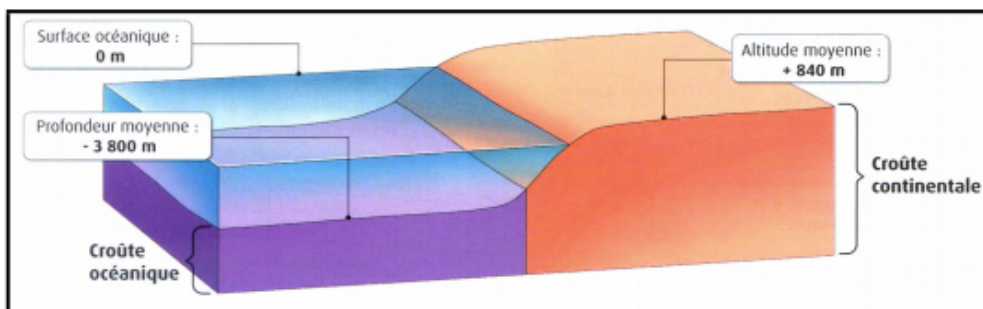
Depuis l'Antiquité, l'Homme cherche à cartographier les reliefs à la surface de la Terre et s'interroge sur ce qu'il y a sous nos pieds... Depuis le XXème siècle, l'utilisation d'avions puis de satellites ainsi que diverses méthodes d'études directes ou indirectes ont permis d'affiner nos connaissances sur les altitudes terrestres et d'avoir une idée précise de la structure interne de notre planète.

Problématique : Comment connaître la structure interne de la Terre sans pouvoir creuser à plus de 13KM de profondeur ?

I Observation de contrastes entre les continents et les océans

A- Des reliefs différents

Bilan : L'observation de la surface de la Terre permet de distinguer un domaine continental et un domaine océanique. Les reliefs océaniques sont en majorité situés entre -6000 et -3000 mètres (par rapport au niveau marin) et alors que les reliefs des continents sont situés entre 0 et +1000 mètres. L'altitude moyenne des continents est de +300m tandis que celle des océans est de -4500 mètre. La répartition des altitudes est dite : bimodale.



LA DISTRIBUTION
BIMODALE DU
RELIEF
TERRESTRE

Source : Belin 1^{ère} Spé

Comment expliquez cette répartition bimodale ?

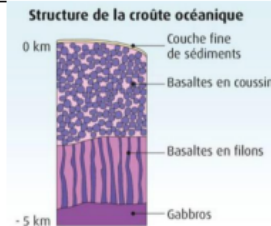
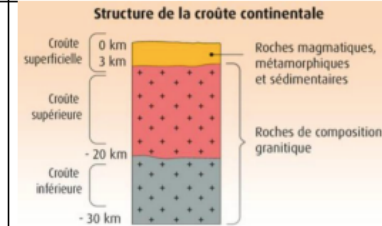
B- Des roches différentes dans les deux types de croûtes terrestre

Activité 1 : Des roches différentes dans les deux types de croûtes terrestres

Bilan : La croûte continentale est constituée en surface d'une diversité de roches (magmatique, sédimentaire et métamorphique). Néanmoins la roche la plus représentative de la croûte continentale est le granite, une roche magmatique.

L'étude de la croûte océanique a lieu pour la première fois au niveau de la faille de VEMA (1987), elle est composée majoritairement de roches magmatiques : le basalte et le gabbro. La densité des roches de la croûte (2,7) est inférieure à la densité des roches de la croûte océanique (2,9). Cette différence de densités est liée aux différences minéralogiques et chimiques des roches des deux domaines. La répartition bimodale des altitudes explique donc par la différence de composition de ces deux croûtes.

Tableau représentant les principales caractéristiques des deux domaines de la croûte terrestre

	Domaine océanique	Domaine continental
Altitude	Reliefs négatifs - Moyenne : - 4800 m	Reliefs positifs - Moyenne : + 300 m
Roches caractéristiques	<i>A l'affleurement :</i> - Sédiments, - Basaltes puis gabbros. <i>En profondeur :</i> gabbros	<i>A l'affleurement :</i> - Granites, - Roches sédimentaires (calcaires, grès), - Roches métamorphiques (gneiss). <i>En profondeur :</i> granite en majorité.
Structure	 <p align="center">Structure de la croûte océanique</p>	 <p align="center">Structure de la croûte continentale</p>

II- L'apport des études sismologiques à la connaissance du globe terrestre

Problème : Quelles sont les informations apportées par les ondes sismiques ?

a) Séismes et ondes sismiques

Bilan : Les séismes résultent de la libération brutale d'énergie lors de rupture **de roches soumises à des contraintes au niveau de failles**. Le point d'origine de la rupture est appelé **hypocentre ou foyer**. Les ondes sismiques formées se propagent dans toute les directions vers la surface mais aussi à travers le globe. Elles peuvent être enregistrée par des sismogrammes.

On distingue différents types d'ondes sismiques :

- les ondes L, les plus destructrices, enregistrées plus tardivement et dont l'amplitude décroît rapidement avec la distance.
- Les ondes de volume qui se propagent à travers le globe dont on distingue P, de compression-dilatation, les premières enregistrées et les onde S de cisaillement(ou shear wave), les secondes enregistrees qui ne se propagent pas dans les liquides.

B) Des discontinuités chimiques relevées par le trajet des ondes

Bilan : On admettra que, dans un milieu supposé homogène, la vitesse d'un certain type d'onde est constante. La vitesse avec laquelle elles se propagent varie avec la nature de la roche (densité et rigidité). Les ondes sismiques suivent aussi les lois de l'optique (lois de Descartes) : lorsqu'une onde sismique atteint une discontinuité, c'est-à-dire une limite entre deux milieux aux propriété physico-chimiques différentes, elle est en partie réfléchiée et réfractée.

Une onde sismique va donc voir sa trajectoire et sa vitesse changer quand elle traverse deux milieu au propriétés différentes.

L'étude de la propagation des ondes P et S permet de mettre en évidence plusieurs discontinuités :

- **La discontinuité de Mohorovičić**, (découverte par Andrija Mohorovicic en 1909) ou Moho, sépare la croûte du manteau. Cette discontinuité est liée à un changement de nature des roches en profondeur, les ondes P et S sont accélérées dans le manteau constitué d'une roche plus dense la péridotite. Le Moho a une profondeur moyenne de 10km au niveau des océans, de 35 km sous les continents et près de 90 km

sous les hauts reliefs continentaux.

-La discontinuité de Gutenberg (découverte en 1912 par Beno Gutenberg), révélée par la « zone d'ombre », sépare le manteau composé de péridotite du noyau constitué de fer dont la partie la plus externe est liquide comme le montre la disparition des ondes S et le ralentissement des ondes P. Cette limite se situe à 2900 km de profondeur. Le noyau interne (graine) situé à 5150 km de profondeur est lui solide.

-La dernière, la discontinuité de Lehmann (du nom de Inge Lehmann, qui démontre en 1936 que le noyau liquide doit contenir une graine solide) sépare le noyau externe liquide du noyau interne solide et se trouve à 5100 km de profondeur.

C) Une discontinuité physiques relevée par la vitesse des ondes

Bilan : Entre 120 et 220 km de profondeur, les ondes sismiques sont légèrement ralenties. Ce ralentissement est lié à une augmentation de température des roches. Cette zone est appelée LVZ (Low Velocity Zone). Elle correspond à la partie supérieure de l'asthénosphère, particulièrement ductile. Au-dessus de cette LVZ se trouve la lithosphère froide rigide et cassante. La lithosphère est plus épaisse sous les continents que sous les océans. La lithosphère comprend donc la croûte (océanique ou continentale) et la partie rigide du manteau (manteau lithosphérique).

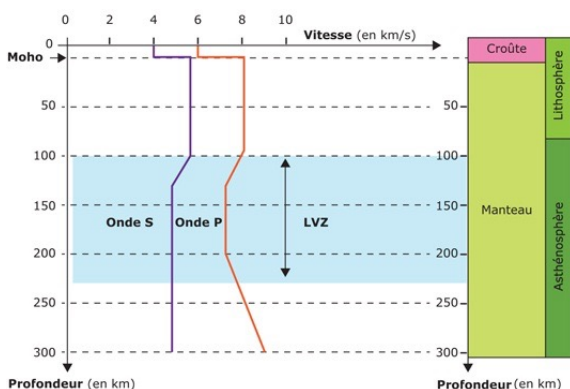


Schéma de la vitesse des ondes P et S en fonction de la profondeur

Ainsi, à la lumière des données sismiques et des études en laboratoire sur le comportement des roches réalisées au cours du XXème siècle, un modèle de la structure interne de la Terre et de ses propriétés élastiques (masse volumique, vitesse des ondes P et S) a été proposé en 1981 : le modèle PREM (Preliminary Reference Earth Model).

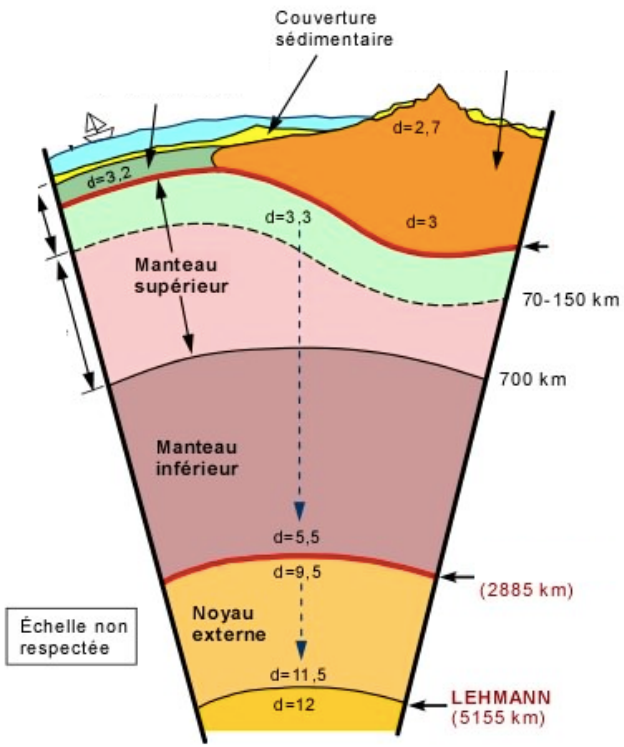
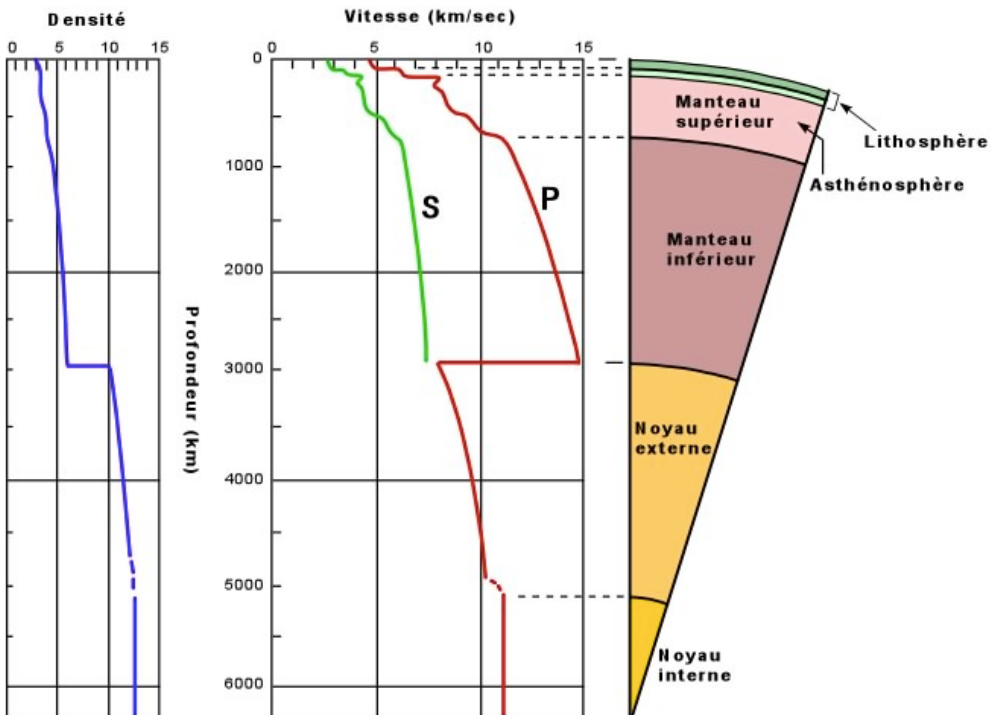


Schéma de la structure interne de la Terre à compléter



Modèle PREM de structure interne sphérique de la Terre simplifié

III- L'apport des études thermiques à la connaissance du globe terrestre

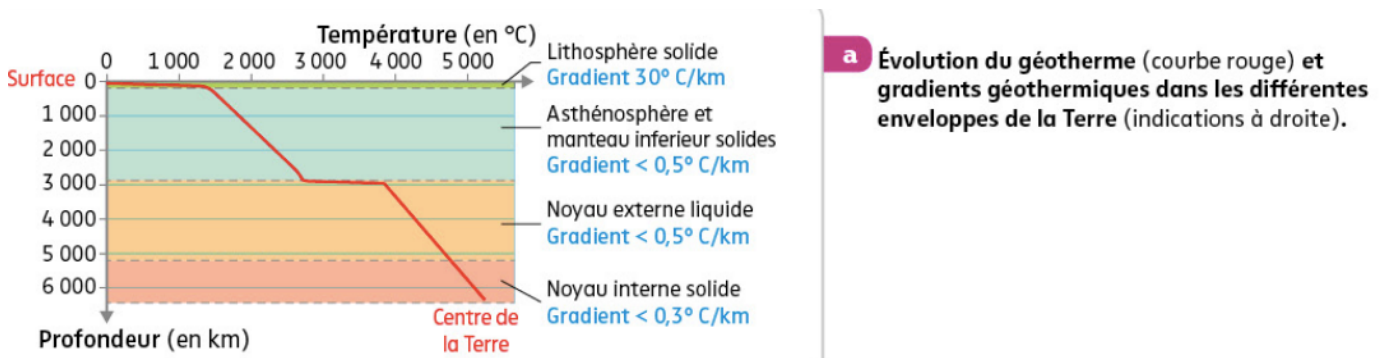
Problème : Quelles informations apportent l'étude de la température interne du globe ?

a) Modèle thermique du globe

Bilan : Des forages ont montré que la température interne de la Terre augmente avec la profondeur. La température au centre de la Terre pourrait être de 5000°C. Il est possible de rendre compte de cette évolution avec le géotherme.

Géotherme : Courbe représentative de l'évolution de la température en fonction de la profondeur.

Gradient géothermique : Augmentation de la température des roches par unité de profondeur.



De 0 à environ 100 Km dans la lithosphère la température croît rapidement pour atteindre 1300°C ce qui induit un fort gradient géothermique (30°C/km). Dans l'asthénosphère et le manteau supérieur la température croît progressivement passant de 1300°C à 3000°C en 2900 Km, le gradient géothermique est faible (0,5°C/km). A 2900Km entre le manteau et le noyau, la température augmente brutalement et le gradient géothermique est très important. Dans le noyau externe et le noyau interne solide la température va croître progressivement pour atteindre plus de 5000°C.

Le géotherme montre des variations importantes du gradient géothermique suivant les couches traversées. Cette observation est liée aux modes de transfert thermique.

CONDUCTION : transfert thermique réalisé de proche en proche par transmission d'une agitation des atomes, sans mouvement global des matériaux

CONVECTION : transfert thermique réalisé par déplacement du matériau du fait de différence de densité entre les secteurs froids et chauds

Dans la lithosphère rigide, la chaleur interne de la Terre est évacuée par conduction, alors que dans le manteau situé sous la lithosphère elle est évacuée par convection. La convection est le mécanisme de transfert thermique le plus efficace.

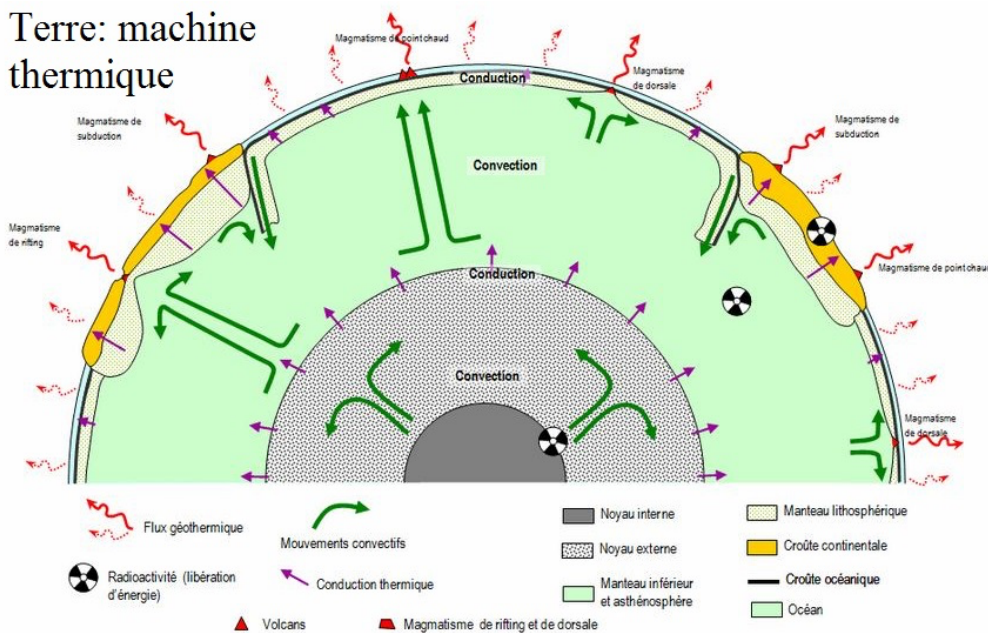
L'énergie thermique à l'origine du gradient géothermique provient de la désintégration des éléments radioactifs (thorium, potassium et uranium) principalement contenus dans la croûte (en proportion) et le manteau (en quantité du fait de l'épaisseur importante du manteau).

b) Tomographie

La tomographie sismique permet d'identifier des variations localisées de température à l'intérieur du globe (anomalie thermique), à partir des variations de vitesse des ondes sismiques par rapport au modèle PREM. En effet en traversant des zones froides plus rigide les ondes sismiques sont accélérées alors qu'au niveau des zones plus chaudes et moins rigides, elles sont ralenties. Les mouvements convectifs sont mis en évidence par la tomographie sismique.

Les mouvements convectifs, chauds ascendants et froids descendants, sont mis en évidence grâce à la tomographie sismique : on observe des anomalies de vitesse des ondes par rapport au modèle PREM.

Terre: machine thermique



Quelques définitions

- Des roches magmatiques** : formés par le refroidissement d'un magma en surface ou en profondeur.
- Des roches sédimentaires** : formés par accumulation de particules, les sédiments.
- Des roches métamorphiques** : formés par la transformation de roches sédimentaire ou métamorphique sous l'effet de la pression ou de la température.
- Roches** = matériaux naturels formés d'un assemblage de minéraux plus ou moins cristallisés (l'étude des roches est la pétrologie)
- Minéraux** = groupement d'atomes de formule chimique précise entrant dans la composition des roches (l'étude des minéraux est la minéralogie)
- Cristaux** = des solides dont les constituants sont organisés de façon régulière et caractéristique de leur formule chimique (l'étude des cristaux est la cristallographie)

Schéma bilan de la structure interne du globe

