

I.

***Des roches peuvent être prélevées en surface ou à quelques kilomètres de profondeur grâce à des forages et nous donnent des informations sur la composition des enveloppes superficielles du globe.*

A.

***Cf TP1*

Une roche est un ensemble de **minéraux** Chaque minéral est une molécule qui a une formule chimique qui lui est propre. Un minéral est composé d'atomes ordonnés géométriquement dans l'espace ce qui lui confère des particularités optiques : son reflet, sa couleur, son opacité, ses fractures/clivages etc.

1.

***En observant une roche à l'œil nu on peut :*

- Observer les caractéristiques des différents minéraux qui la composent pour les **identifier**
- Observer son organisation et décrire sa **structure**

On distingue 2 grands types de structure :

- la structure **grenue** lorsque tous les minéraux sont visibles à l'œil nu
- la structure **microlithique** lorsque tous les minéraux ne sont pas visibles à l'œil nu
- Mesurer sa **densité** en déterminant son volume et sa masse.

2.

***Grâce à un microscope **polarisant** on peut observer et identifier les minéraux qui composent une roche.*

B.

Elle est composée de **gabbro** et **basaltes** recouverts d'une couche de sédiments.

***Des analyses réalisées en laboratoire (spectrométrie de masse) montrent que le basalte et le gabbro ont la même composition chimique. Nos observations macro et microscopiques montrent qu'ils sont également constitués des mêmes minéraux **feldspaths, pyroxène** et parfois olivines).*

Les éléments chimiques les plus abondants des ces minéraux sont Oxygène (.....), Silicium (.....), Fer (.....) et Aluminium (.....).

La densité des gabbros est très proche de celle des basaltes (environ **2.9**).

*** La densité d'une roche se calcule en faisant le rapport entre la masse volumique de l'échantillon et la masse volumique de l'eau qui est de 1000kg/m^3 . La masse volumique s'obtient en divisant la masse de l'échantillon de roche (mesurée avec une balance) par le volume de ce même échantillon (mesurée en mesurant le volume d'eau déplacé par l'introduction de l'échantillon dans une éprouvette pleine d'eau).*

Dans la croûte océanique les basaltes sont situés **au dessus** des gabbros et ont une structure **microlithique** Les gabbros, plus profonds dans la croûte sont au contraire de structure **grenue**.

C.

La croûte continentale est principalement constituée de **granite**

Les observations micro et macroscopiques montrent que le granite est une roche grenue constituée principalement de **quartz** de **feldspaths** et de **micas

Les éléments chimiques les plus abondants sont Oxygène (O), Silicium (Si), et des éléments légers : Aluminium (Al) et Potassium (.....).

La densité des granites est de **2.7**

D.

Lors de son ascension, un magma qui provient du manteau peut arracher des fragments de roches qu'il traverse. ****Ainsi, on peut retrouver des enclaves de roches du manteau dans des basaltes.** Ces enclaves montrent que le manteau est constitué de **péridotite** Il s'agit d'une roche constituée de **pyroxène** et de **olivine** La **densité** des péridotites est de **3,2**.

II.

A.

Un séisme correspond à une libération brutale d'énergie suite à la rupture de roches soumises à des contraintes.

L'énergie libérée se propage dans toutes les directions sous forme **ondes sismiques**

A la surface du globe, on peut enregistrer les ondes sismiques grâce à des **sismomètres**

Les enregistrements obtenus sont des **sismogrammes**

****L'analyse des sismogrammes permet de distinguer 3 types d'ondes sismiques :**

- les ondes **P** qui sont enregistrées en 1^{er}. Elles se propagent dans tous les milieux solides et liquides
- les ondes **S** qui sont un peu moins rapides (et arrivent donc avec un certain retard par rapport aux P).

Elles ne se propagent que dans les milieux solides (pas dans les **liquides**)

- Des ondes de surface qui ne se propagent que dans les couches superficielles du globe et qui sont des ondes de grande amplitude. Ce sont elles qui produisent les dégâts lors d'un séisme.

**** Nous avons montré en TP que la vitesse des ondes varie en fonction de la nature de la roche traversée.** La vitesse des ondes sismiques dépend de la **nature** des roches, de leur **rigidité** (plus la rigidité des roches augmente plus la vitesse des ondes sismiques est élevée) et de la **température** (la vitesse des ondes diminue quand la température **augmente**)

Lorsque ces ondes rencontrent un changement de milieu (= surface de **discontinuité** les ondes sismiques se réfléchissent et se réfractent sur la discontinuité et leur vitesse varie.

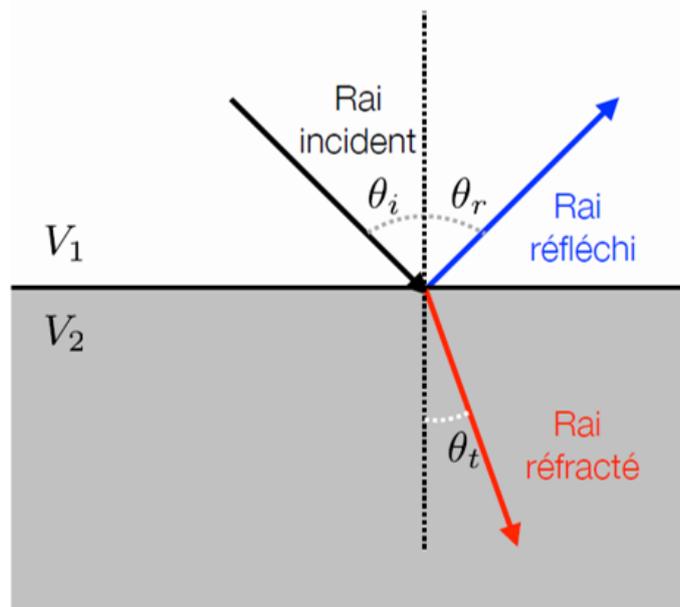
Il est possible de prédire le parcours des rais sismiques grâce à la loi de Snell-Descartes:

1. Loi de la réflexion:

$$\theta_t = \theta_r$$

2. Loi de la réfraction:

$$\frac{\sin \theta_i}{V_1} = \frac{\sin \theta_t}{V_2}$$



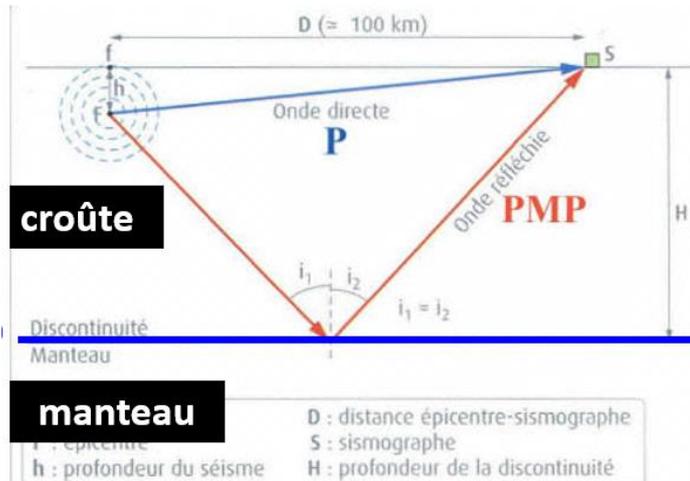
****En étudiant les sismogrammes, on peut déduire la direction et la vitesse des ondes P et S en profondeur et ainsi avoir des renseignements sur la **composition** et la **structure** interne du globe.**

Ces données sont complétées par des tests en laboratoire qui permettent de connaître des vitesses théoriques attendues dans tous les matériaux à toutes les pressions et températures possibles.

B.

1.

L'observation de 2 trains d'ondes P sur les sismogrammes a permis à Mohorovicic de mettre en évidence une discontinuité, le Moho, qui sépare la **croûte du **manteau** supérieur.

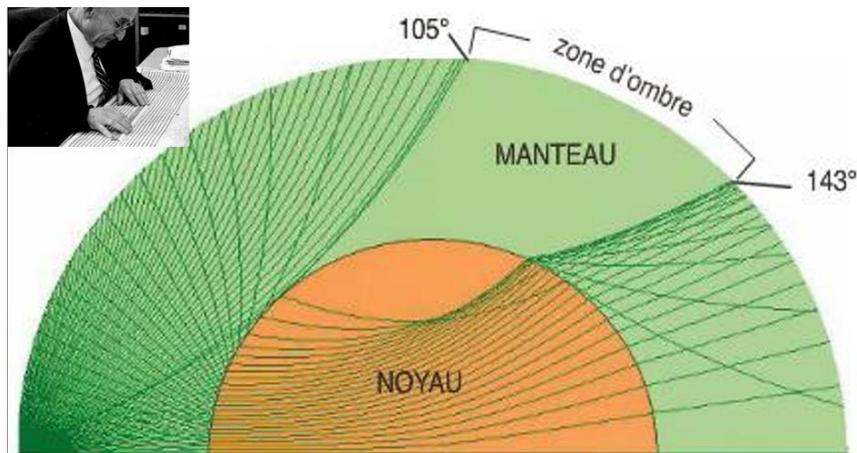


Le Moho est situé en moyenne à 12 km de profondeur sous les océans et à 30 km de profondeur en moyenne sous les continents

2.

Pour tous les séismes, il existe une **zone d'ombre sismique (zone du globe où les sismomètres n'enregistrent pas d'ondes sismiques).

Cette zone d'ombre s'explique par l'existence, en profondeur, d'une surface de discontinuité qui **dévie** les ondes sismiques.



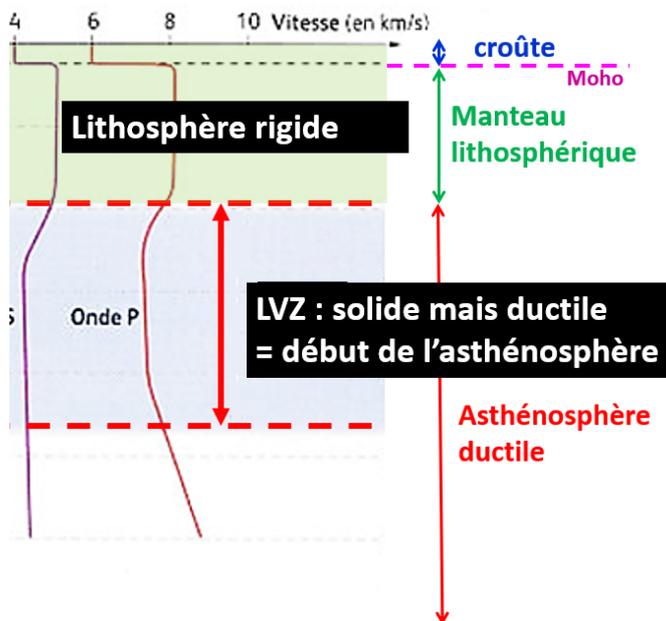
Gutenberg a situé cette discontinuité à 2900 km de profondeur. Elle sépare le **manteau** du **noyau**

Comme au-delà de 2900 km de profondeur, on n'enregistre plus d'ondes S, on en déduit que le noyau, dans sa partie externe est **liquide

Rq : **L'étude de la propagation des ondes sismiques a également permis de mettre en évidence une autre discontinuité située à 5100 km de profondeur, la discontinuité de Lehmann, qui sépare **noyau externe**, **noyau interne**

C.

**L'étude des vitesses des ondes sismiques montre que, sous la lithosphère, il existe une zone particulière de manteau dans laquelle les ondes sismiques ralentissent : c'est la (Low Velocity Zone).



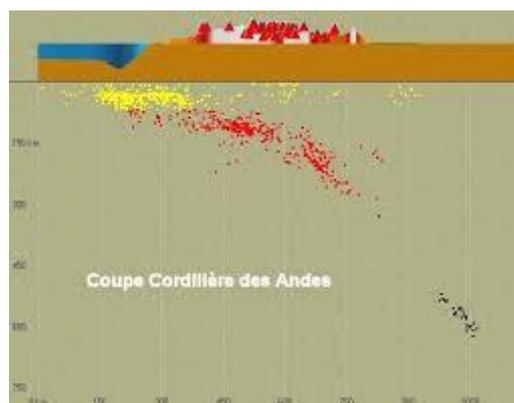
Cette zone est située à **100 km** de profondeur et s'étend sur une épaisseur d'environ **120 km**. La diminution de la vitesse est due au fait que, dans cette zone, les roches sont **ductiles**.

La LVZ permet de différencier :

- en surface une lithosphère **rigide** donc cassante (c'est dans la lithosphère que se produisent les séismes)
- en dessous, une **asthénosphère** plus ductile donc déformable.

***La distinction entre la lithosphère et l'asthénosphère peut être mise en évidence par des études sismiques réalisées au niveau des fosses océaniques.*

*Au niveau des fosses océaniques, les foyers des séismes sont répartis le long d'un **plan incliné** partant de la fosse et descendant jusqu'à une profondeur de 700 km. Cette répartition résulte de l'enfoncement d'une **plaque lithosphérique** donc cassante) dans l'asthénosphère ductile (donc non cassante)*



III.

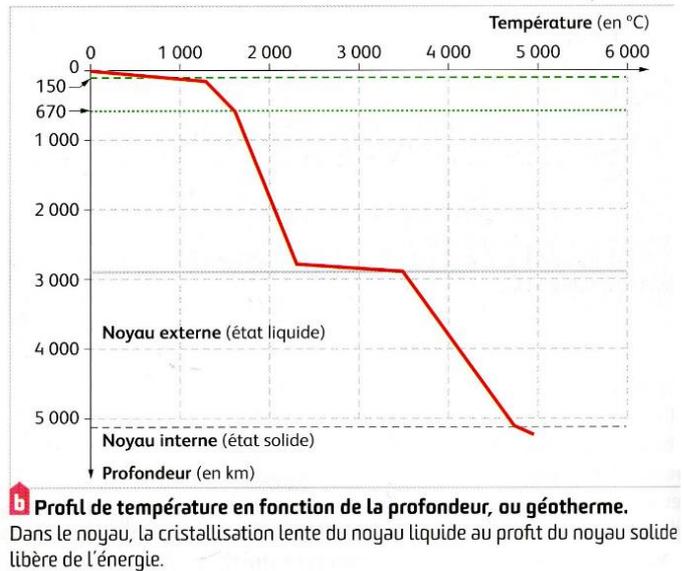
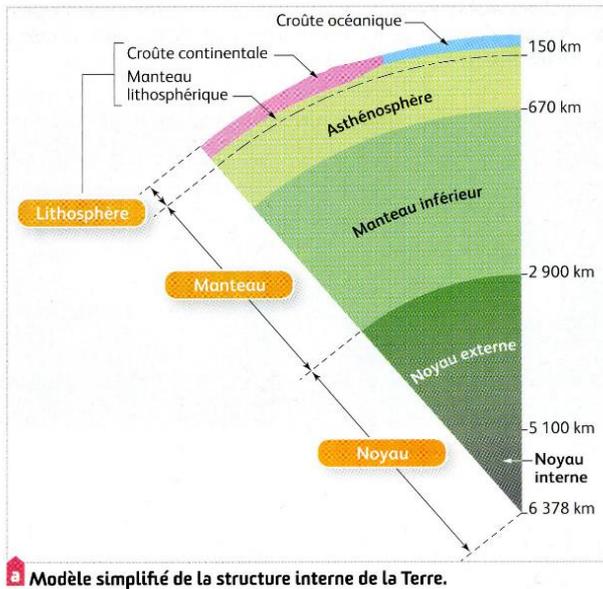
A.

Les mesures de température à l'intérieur du globe lors de forages montrent que la température augmente avec la profondeur de **30°C par km** en moyenne dans la croûte. C'est ce que l'on appelle le **gradient géothermique

Ce gradient géothermique révèle l'existence, à l'intérieur du globe, d'une **source de chaleur interne** qui est évacuée vers l'extérieur.

Rq : Cette chaleur provient essentiellement de la désintégration des éléments radioactifs contenus dans les roches

****En combinant des données sismiques, des données de laboratoires et des calculs on peut obtenir un profil de température en fonction de la profondeur appelé **géotherme****



Ce géotherme montre des variations importantes du gradient géothermique en fonction des différentes enveloppes traversées. Ces variations sont dues à l'existence de 2 modes d'évacuation de la chaleur interne du globe :

- La **conduction** la chaleur diffuse à travers les roches sans mouvement de matière. C'est un mode de transfert de chaleur **peu** efficace. Ce mode de transfert de chaleur est responsable du gradient géothermique moyen (30 °C par Km dans la croûte). La conduction s'effectue dans les milieux **solides** comme la lithosphère.

- La **convection**: dans ce cas, l'évacuation de la chaleur s'accompagne **mouvements de matière** liés à des différences de densité (la matière chaude, peu dense remonte alors que la matière froide, plus dense descend). C'est un mode de transfert de chaleur **très** efficace. Ce processus s'effectue dans les milieux **ductile** comme le manteau.
La convection dans le manteau implique des zones de remontée de roches chaudes et des zones de descente de roches froides.

B.

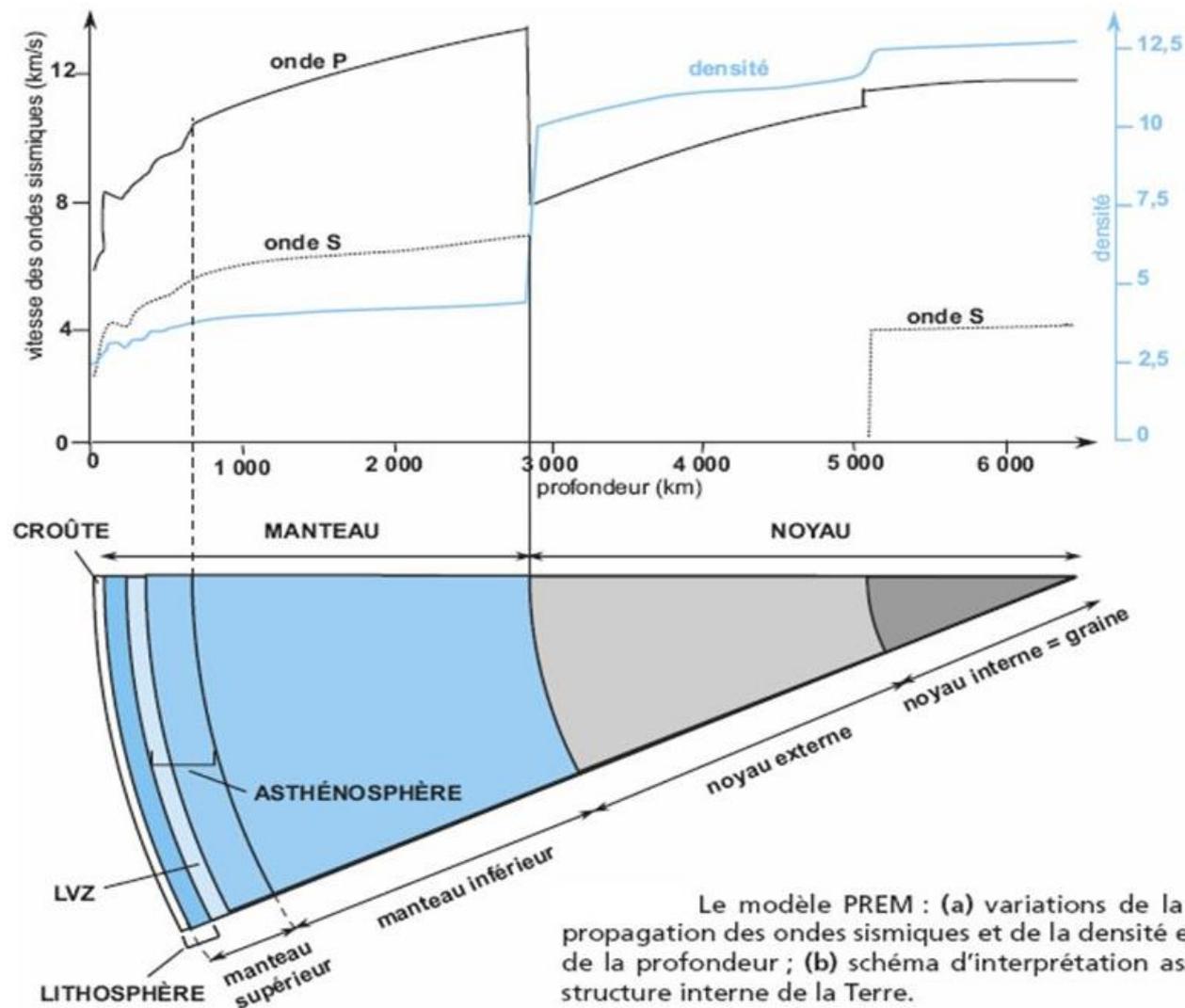
****La tomographie sismique mesure la différence entre la vitesse des ondes sismiques calculée à partir des sismogrammes et la vitesse théorique de ces ondes. Elle permet de mettre en évidence des zones, à l'intérieur du globe, où la vitesse mesurée des ondes sismiques est inférieure à celle attendue. On interprète cette baisse de vitesse comme une propagation des ondes dans un milieu plus **chaud** que prévu à cet endroit. A l'inverse si la vitesse mesurée est supérieure à la vitesse théorique, on considère que les ondes ont traversé un milieu plus **froid** que prévu.**

****Ainsi, grâce à la tomographie sismique, on peut mettre en évidence :**

- des zones de remontée de roches chaudes au niveau des **dorsales océaniques** et au niveau des **points chauds** Ces zones correspondent aux branches **ascendants** des mouvements de convection.
- des zones de descente de roches froides au niveau des **zones de subduction** : La lithosphère océanique froide s'enfonce dans le manteau. Ces zones correspondent aux branches **descendantes** des mouvements de convection.

Conclusion

Bien que la majeure partie de l'intérieur du globe soit inaccessible à l'observation, ****l'étude des ondes sismiques** a permis de proposer un **modèle de structure interne** de la Terre, le **modèle PREM** : l'intérieur du globe est structuré en **couches concentriques** limitées par des surfaces de **discontinuité**



****Les données thermiques ont permis de compléter ce modèle** en mettant en évidence des **mouvements de convection** à l'intérieur du **manseau inférieur**. Des roches chaudes remontent au niveau des dorsales et au niveau des points chauds et des roches froides s'enfoncent au niveau des zones de subduction. Ces mouvements de convection permettent l'évacuation de la chaleur interne et sont responsables du déplacement des plaques lithosphériques.