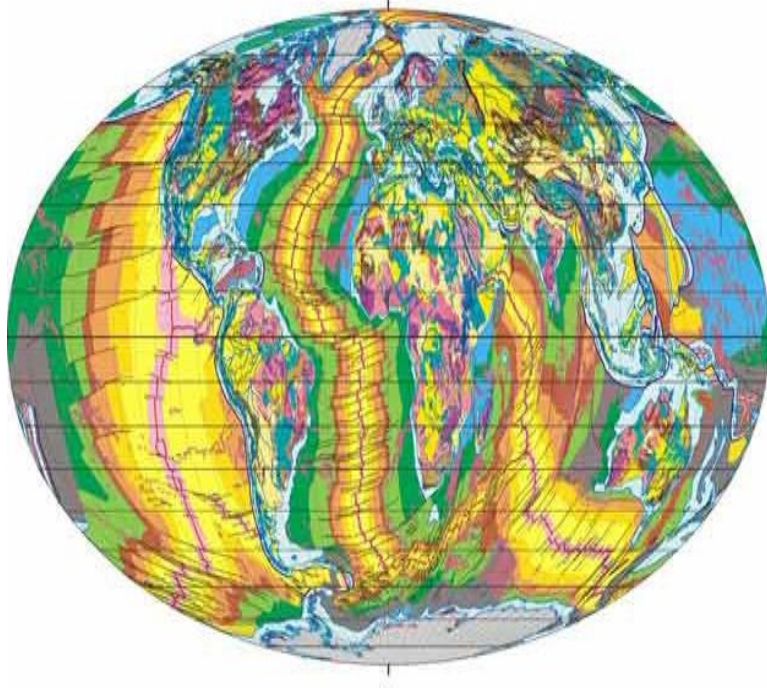
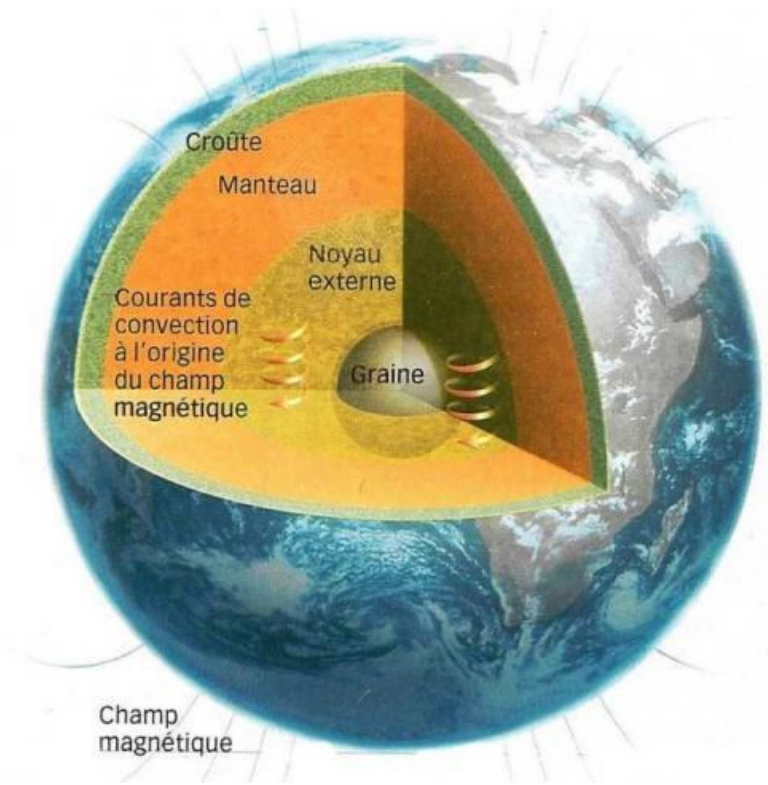


III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.1. MÉTHODES UTILISÉES POUR DÉTERMINER LA STRUCTURE PROFONDE DE LA TERRE



Carte géologique de la Terre

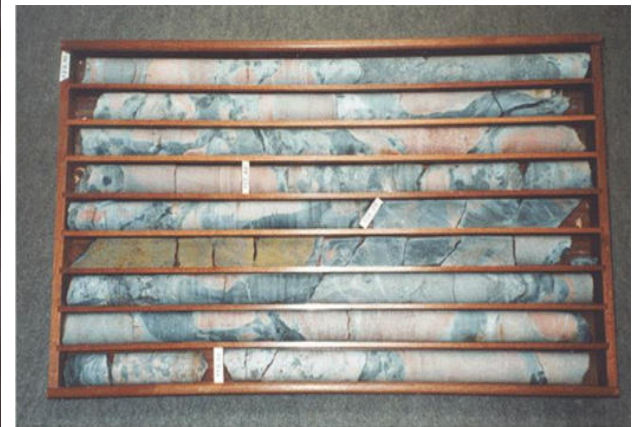


Structure interne de la Terre

le rayon est de la Terre = 6370 km.

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.1. MÉTHODES UTILISÉES POUR DÉTERMINER LA STRUCTURE PROFONDE DE LA TERRE



Le forage le plus profond se trouve à Kola Russie de 12.226 m de profondeur

L'intérieur du globe ne peut donc être connue que de manière indirecte

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.1. MÉTHODES UTILISÉES POUR DÉTERMINER LA STRUCTURE PROFONDE DE LA TERRE

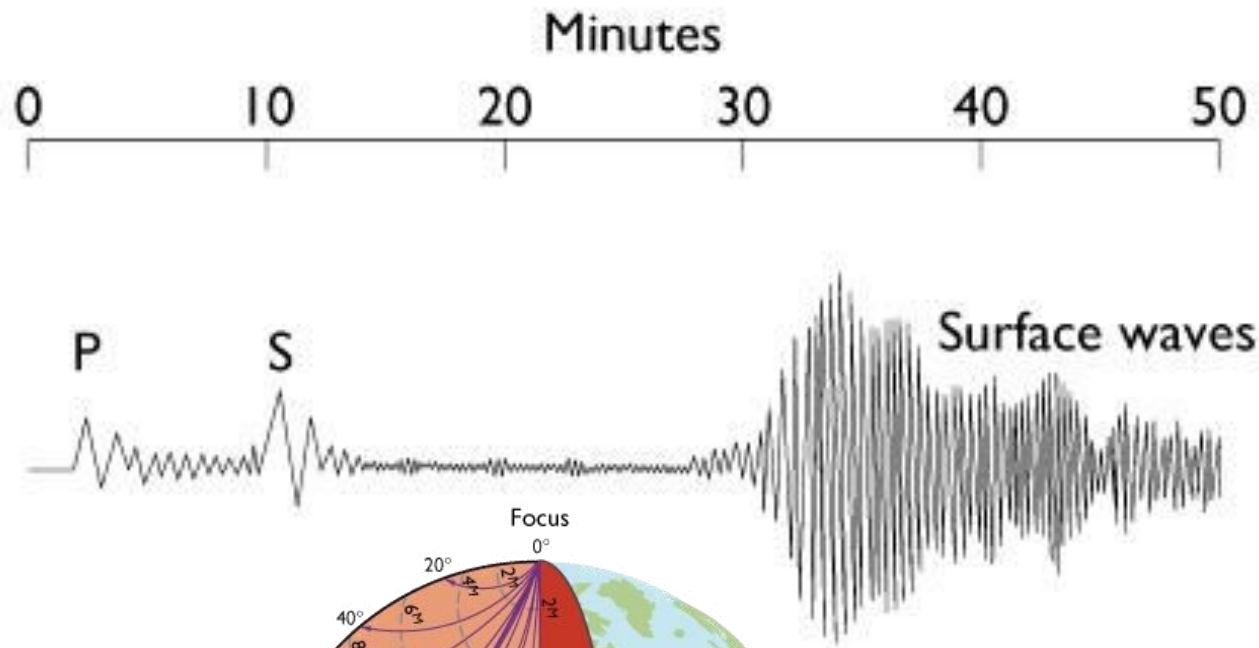
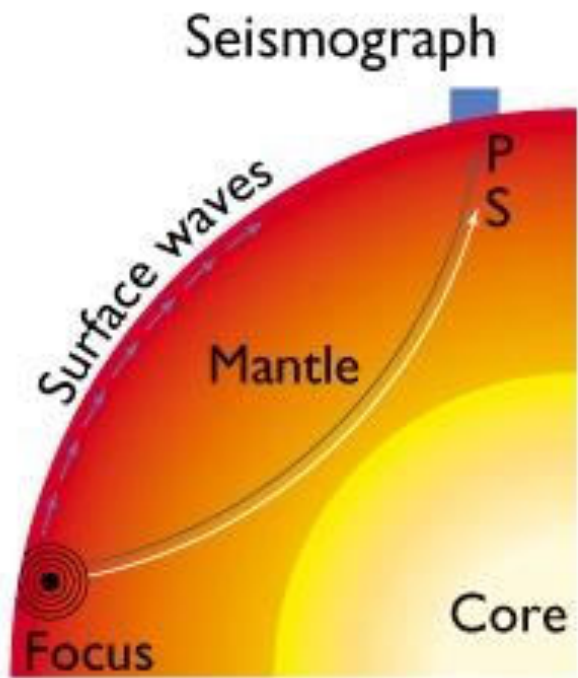
La connaissance de la structure profonde de la Terre a été révélée - surtout d'une manière indirecte - grâce à l'apport de plusieurs disciplines des sciences de la Terre parmi lesquelles on cite :

- La sismologie = étude des séismes naturels et artificiels,
- La gravimétrie = étude des variations de g , accélération de la pesanteur,
- La volcanologie = étude des volcans et des activités volcaniques,
- Le géomagnétisme = étude du champ magnétique terrestre,
- La géothermie = étude des répartitions des températures à l'intérieur de la Terre, et des phénomènes physiques et géologiques qui leur sont liés,
- La géochimie = étude de la composition et des propriétés chimiques des roches,
- La minéralogie = étude de la composition et des propriétés minéralogiques des roches,
- Les études de laboratoire en créant les conditions thermodynamiques régnant à l'intérieur de la Terre = étude des géomatériaux,
- Les études des météorites et des astéroïdes qui se sont formés en même temps que la Terre.

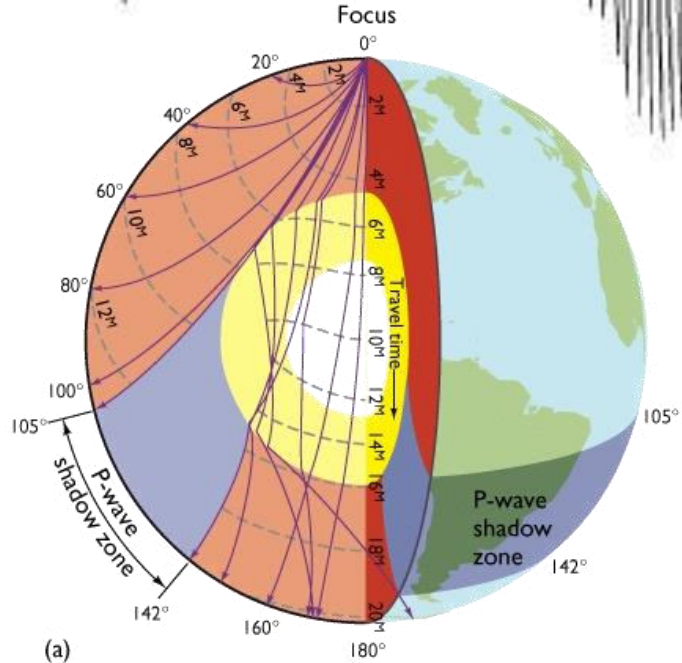
III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.1. MÉTHODES UTILISÉES POUR DÉTERMINER LA STRUCTURE PROFONDE DE LA TERRE

Sismologie



On utilise donc des moyens indirects pour l'explorer, comme la sismologie,



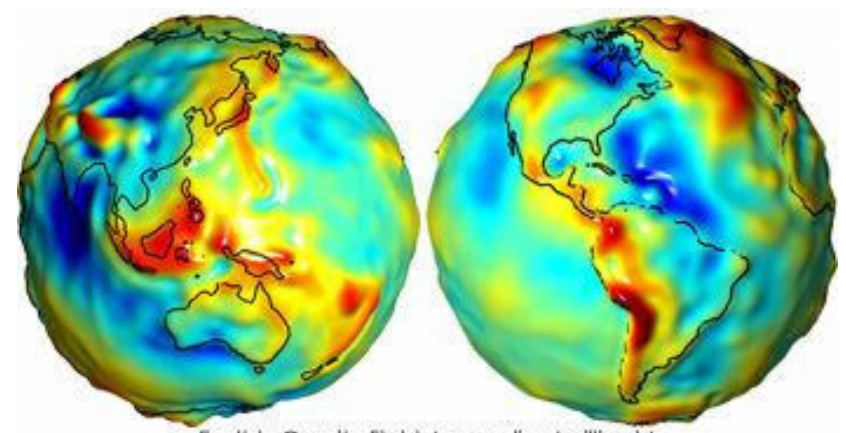
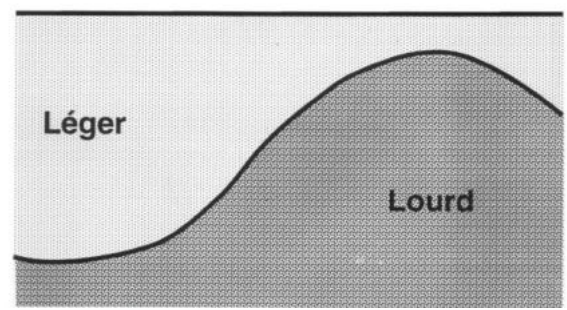
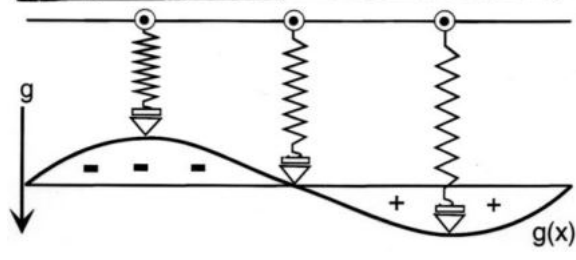
III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.1. MÉTHODES UTILISÉES POUR DÉTERMINER LA STRUCTURE PROFONDE DE LA TERRE

Gravimétrie: Par l'étude de la pesanteur (gravimétrie),



Gravimetres

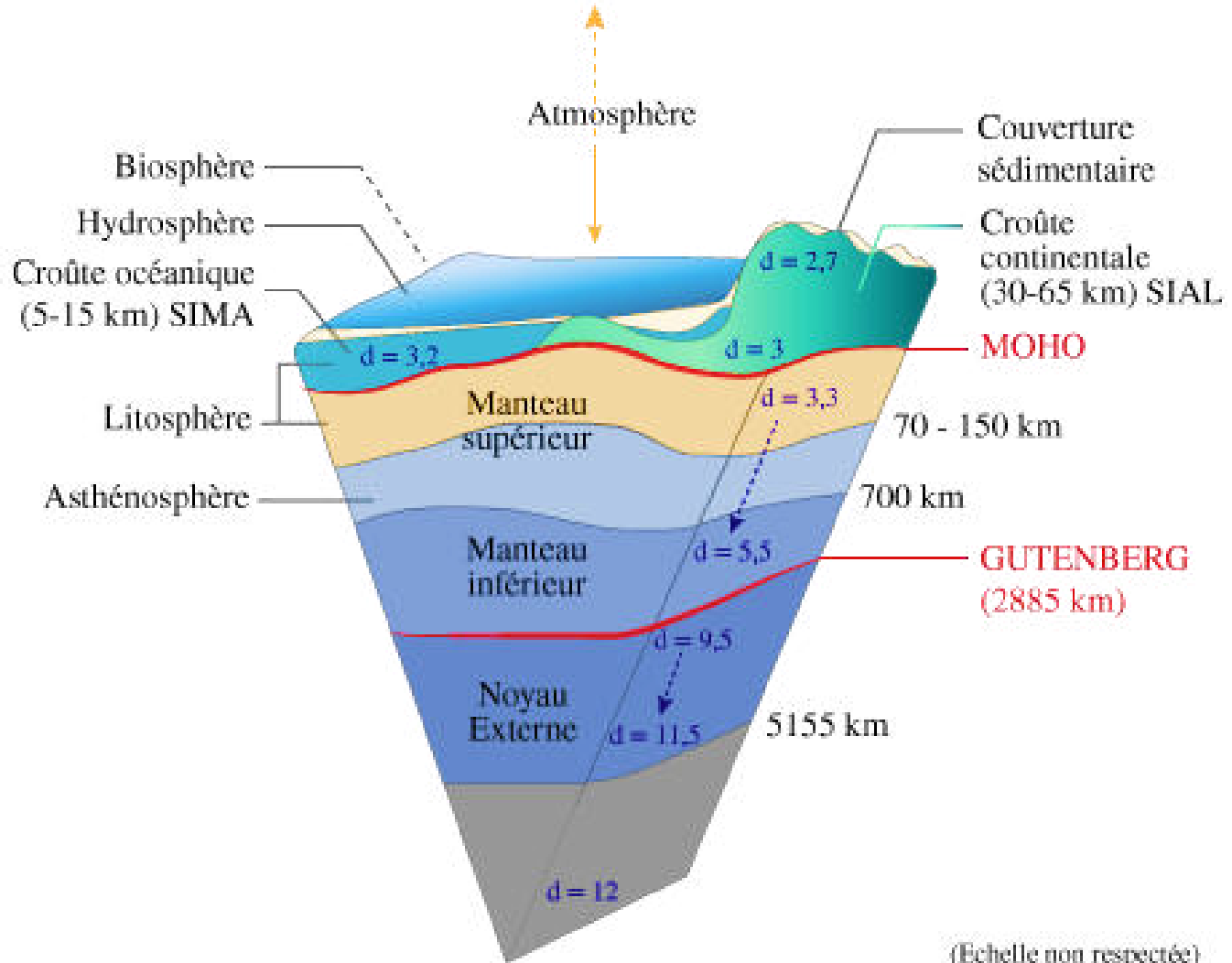


Earth's Gravity Field Anomalies [milligals]
-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50

Anomalies Gravimétriques dûs à des variations de densité des matériaux profonds

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE
III.1. MÉTHODES UTILISÉES POUR DÉTERMINER LA STRUCTURE PROFONDE DE LA TERRE

Différenciation de la densité des matériaux



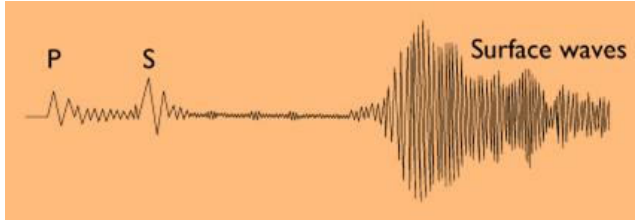
III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2 MODELE SISMOLOGIQUE DE LA TERRE

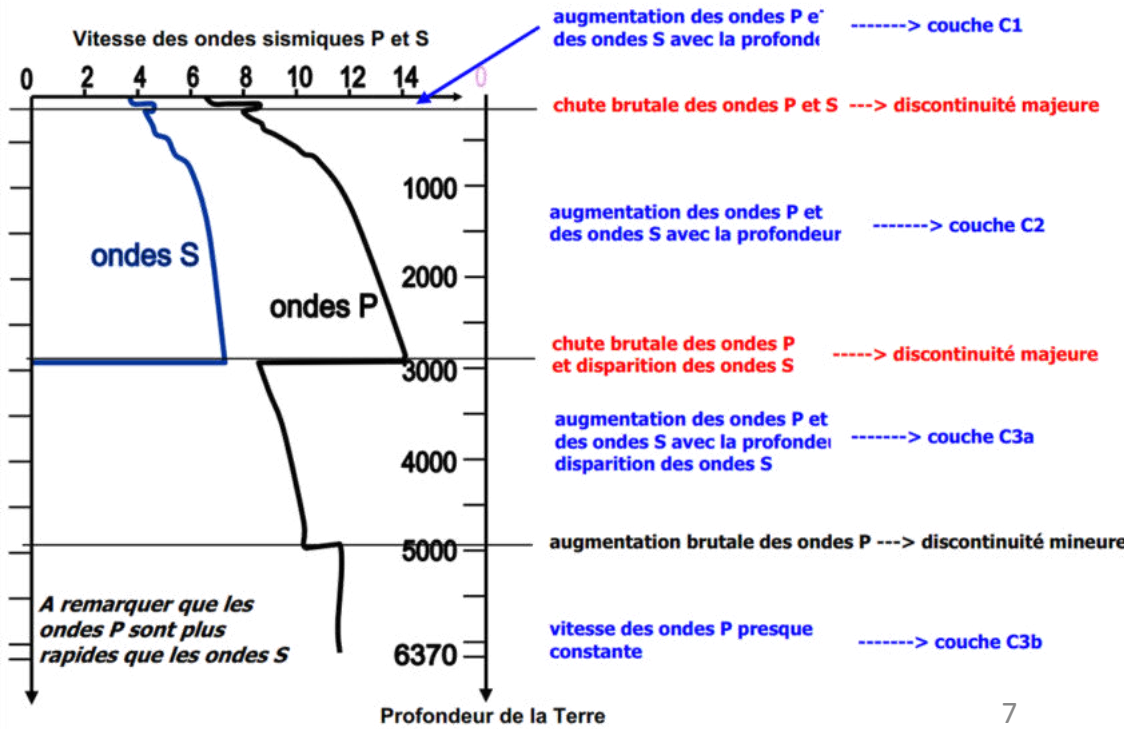
III.2.1. Données sismologiques

Lors de séismes naturels (fracture des roches) ou de fortes explosions (nucléaire par exemple) il y a émission d'ondes sismiques parmi lesquelles :

- les **ondes P** qui traversent **tous les milieux**
- les **ondes S** qui traversent les **milieux solides** et qui ne passent pas dans les liquides.



Après chaque séisme, les résultats obtenus concernant les vitesses des ondes **P** et **S** en fonction de la profondeur du globe terrestre sont toujours les mêmes. On les exprime sous forme de graphe = courbes des vitesses des ondes sismiques en fonction de la profondeur.



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

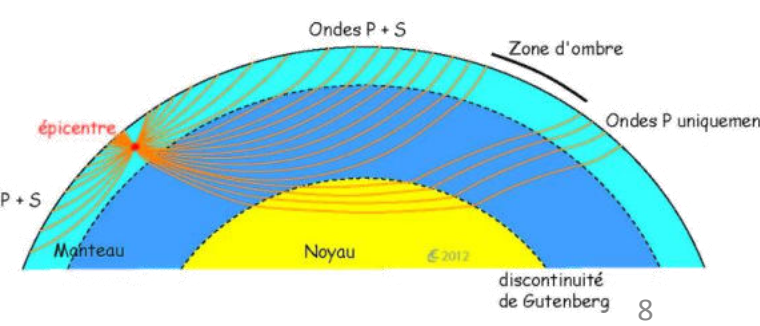
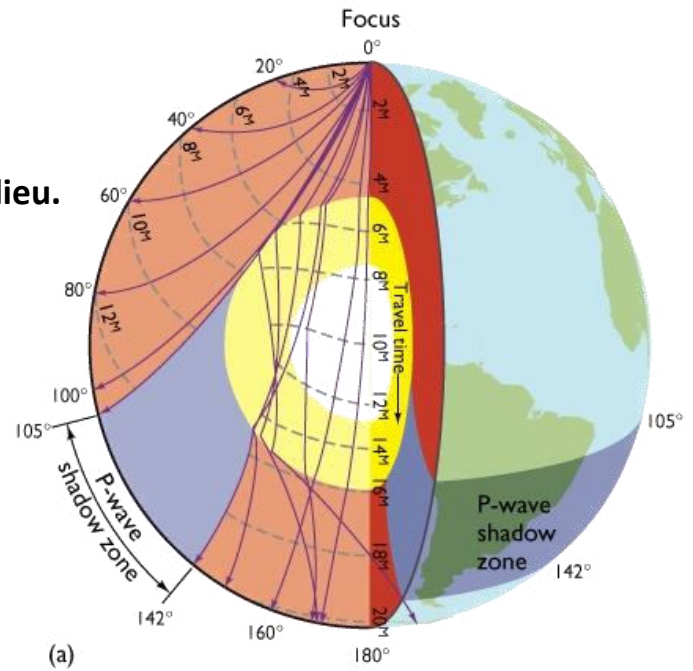
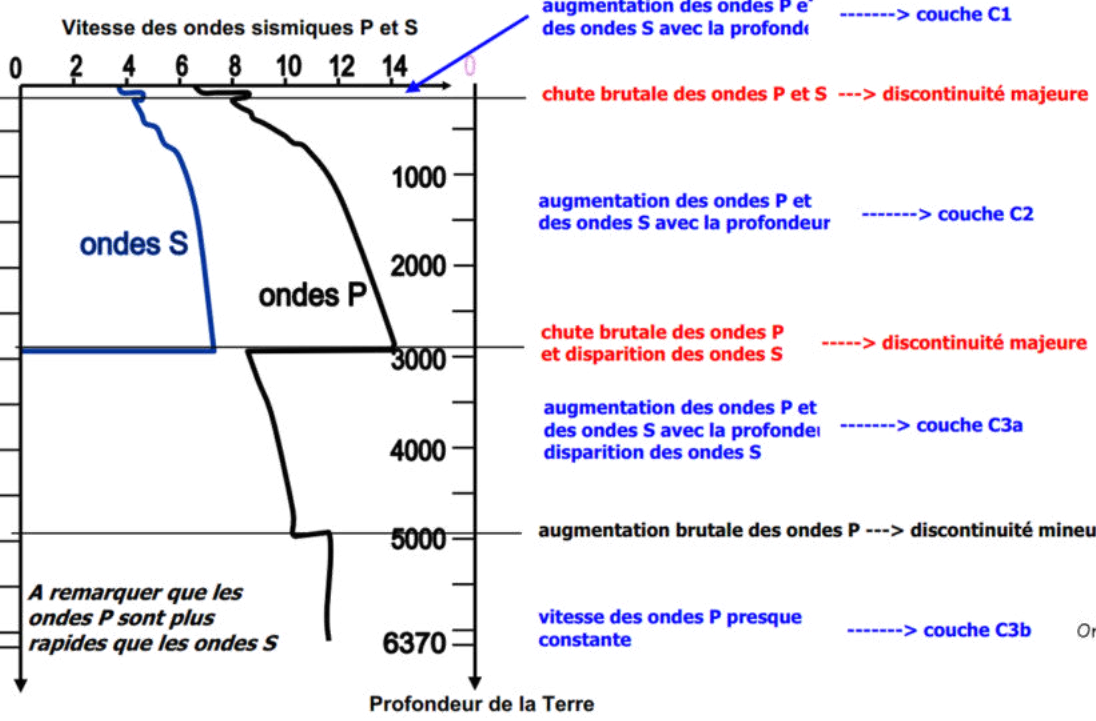
III.2 MODELE SISMOLOGIQUE DE LA TERRE

III.2.1. Données sismologiques

Séisme naturel ou forte explosion → émission d'ondes sismiques parmi lesquelles :

- les ondes P
- les ondes S

V_p et V_s → changement des caractéristiques physiques du milieu.



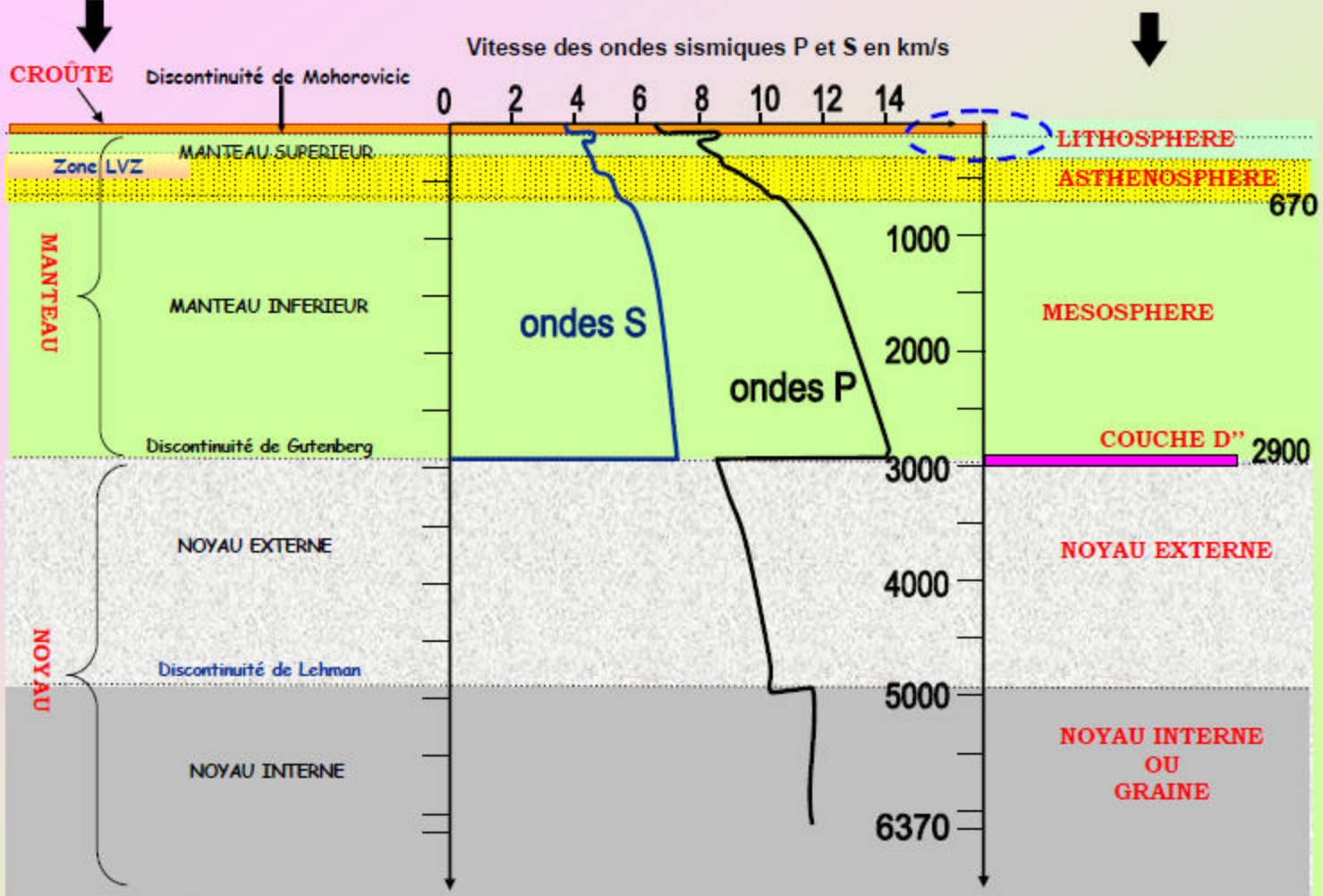
III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2 MODELE SISMOLOGIQUE DE LA TERRE

III.2.2. Modèle sismologiques

1 - Sur la base des discontinuités majeures des vitesses des ondes sismiques : croûte, manteau et noyau

2 - Sur la base du comportement physique des couches (rigides ou molles) : lithosphère, asthénosphère, mésosphère, noyau interne et noyau externe



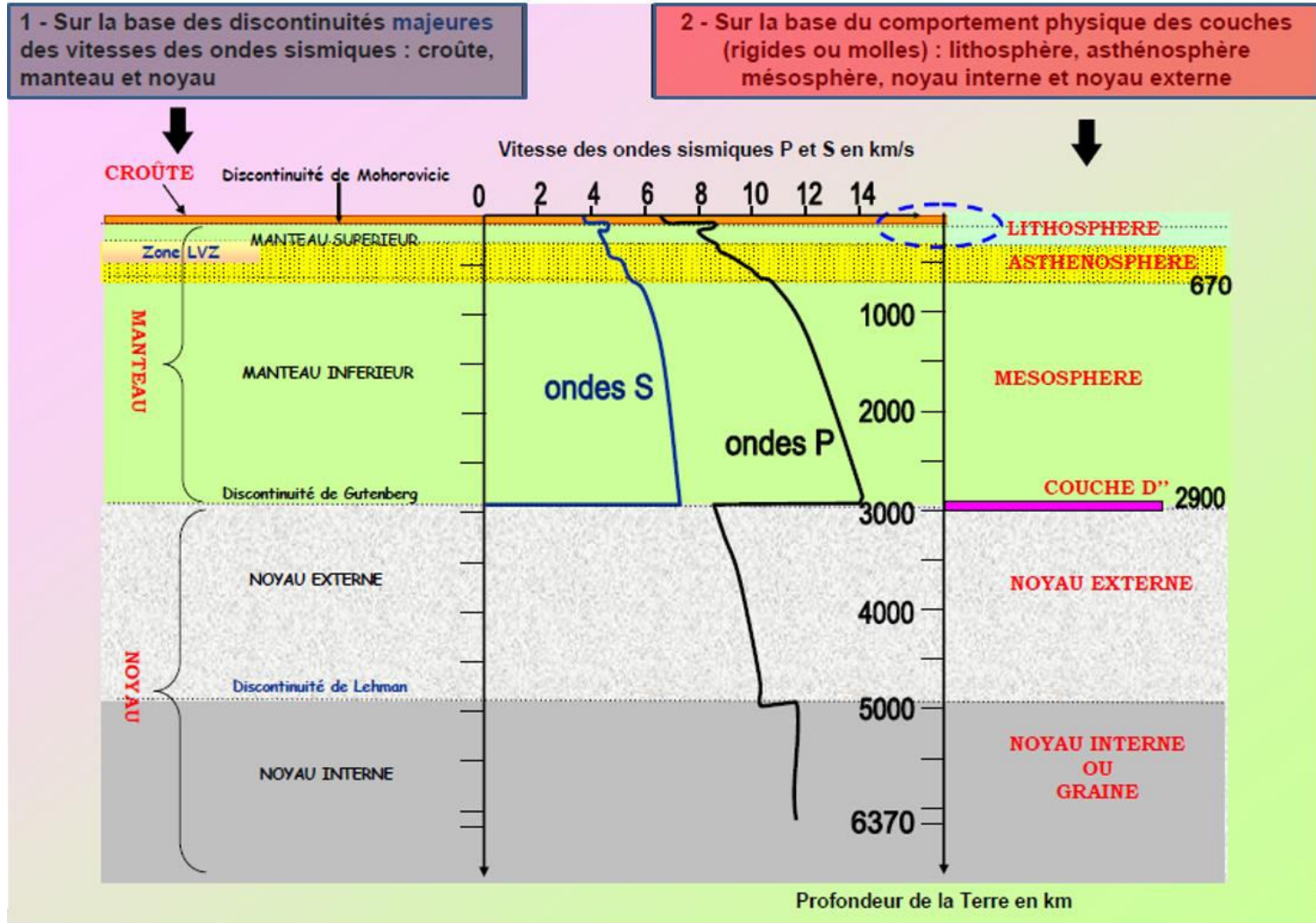
Profondeur de la Terre en km

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2 MODELE SISMOLOGIQUE DE LA TERRE

III.2.2. Modèle sismologiques

A partir des résultats sismiques la **structure interne de la terre** peut être classer suivant **les discontinuités majeures des vitesses des ondes sismiques** ou bien selon le **comportement physique des couches (rigide ou molle)**:



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2.2. Structure interne du globe

III.2.2.a. Sur la base des discontinuités majeures des vitesses des ondes sismiques

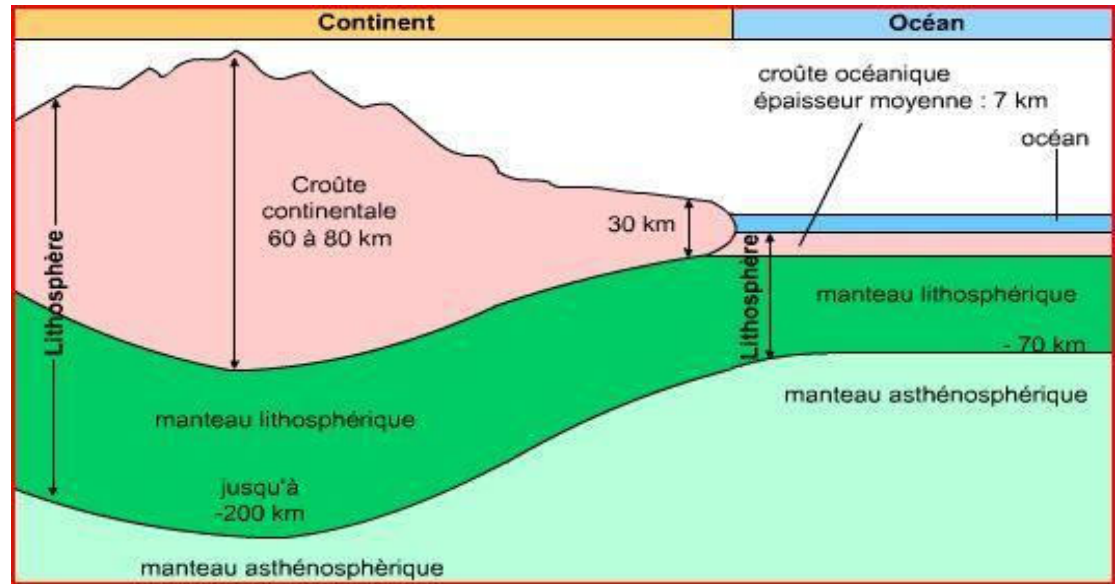
Selon des discontinuités majeures on distingue:

- A. La croûte,
- B. Le manteau,
- C. Le noyau.

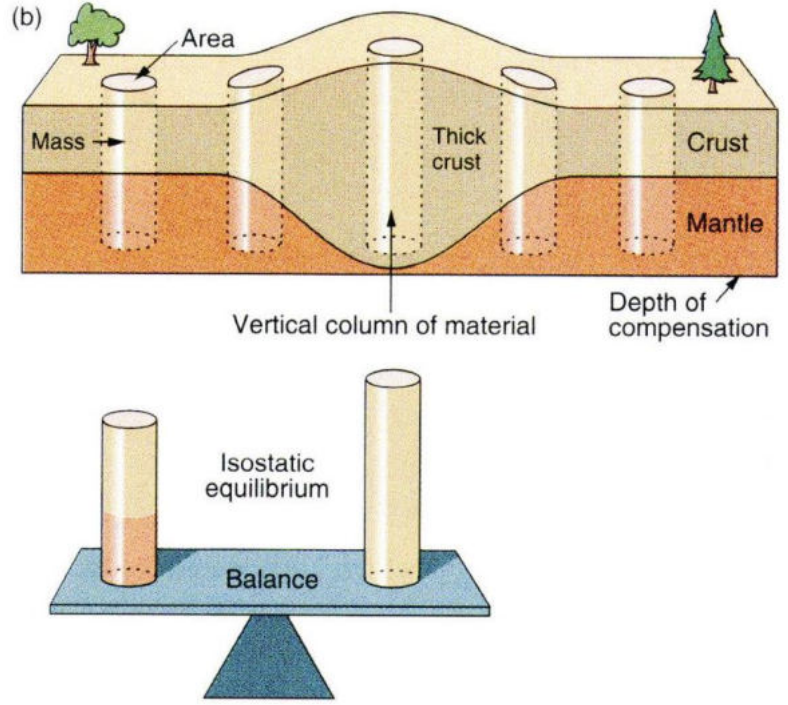
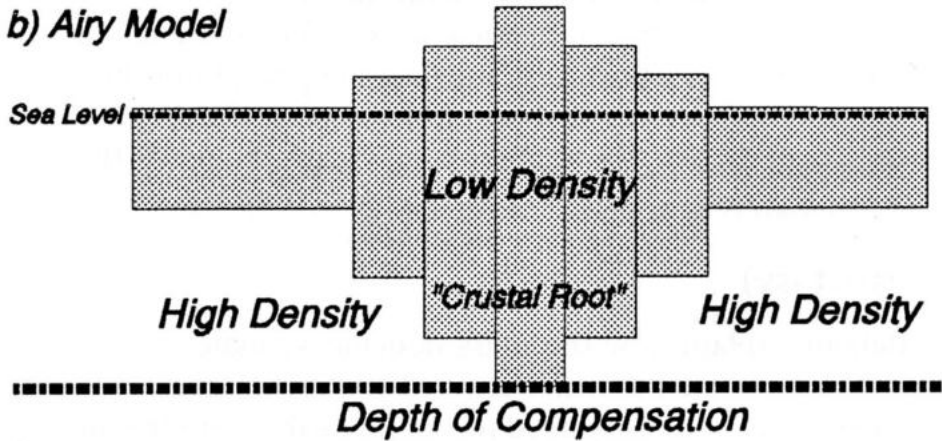
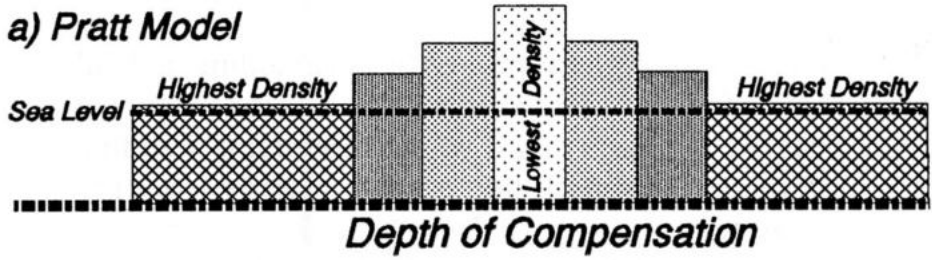
A. La croûte : c'est la couche externe qui représente 1,5% volume de la Terre. Elle est limitée à la base par la discontinuité majeure de Mohorovicic (dite Moho). Il faut distinguer 2 types:

- **la croûte continentale**, épaisse en moyenne de 35 km (mais dont l'épaisseur peut atteindre 80 km sous les hautes chaînes de montagnes).
- **la croûte océanique**, très mince (5 à 8km sous les océans).

Les différences d'épaisseur de la croûte sont étroitement liées aux phénomènes d'isostasie, qui impliquent les différences de la densité des roches.



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE
 III.2 MODELE SISMOLOGIQUE DE LA TERRE bornerons
 III.2.2. Modèle sismologiques



$$\Sigma \rho_i \cdot h_i = \text{const.}$$

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2.2. Structure interne du globe

III.2.2.a. Sur la base des discontinuités majeures des vitesses des ondes sismiques

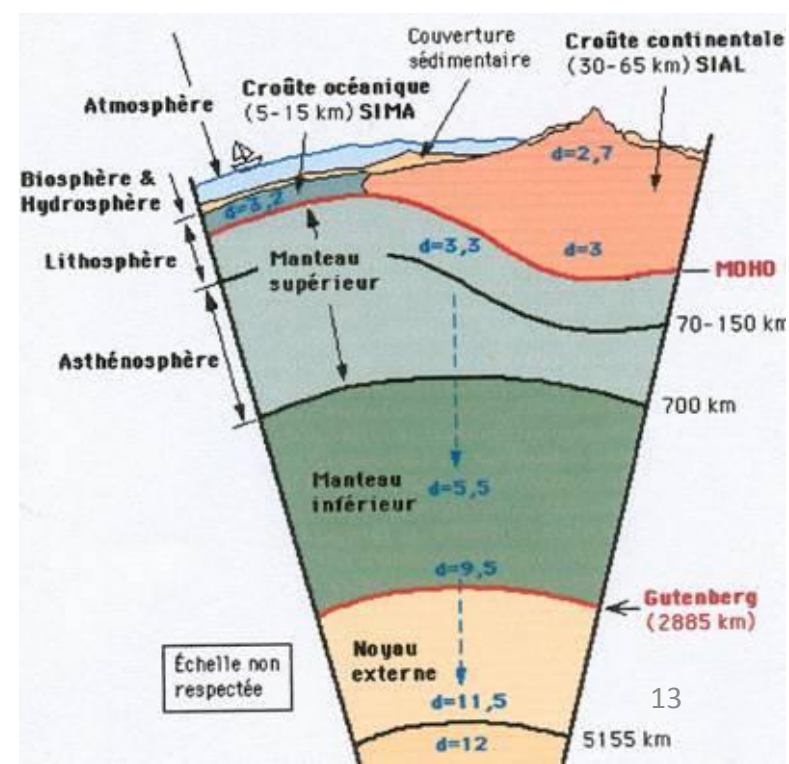
Sur la base des discontinuités majeures on distingue :

B. Le manteau : il représente 82,5 % en volume de la Terre. Son épaisseur est de 2900 km. Il est limité à la base par la discontinuité majeure de Gutenberg. On peut distinguer au sein de ce manteau 2 unités :

- le **manteau supérieur** qui s'étend jusqu'à 670 km.
- le **manteau inférieur** dont la profondeur est comprise entre 670 km et 2900 km.

C. Le Noyau : il représente 16% du globe terrestre. Le noyau a une épaisseur maximale de 3300 km. Il comprend :

- le **noyau externe**, dont la profondeur est comprise entre 2885 km et 5155 km.
- le **noyau interne** (ou Graine). dont la profondeur est comprise entre 5155 km et 6370 km.



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2.2. Structure interne du globe

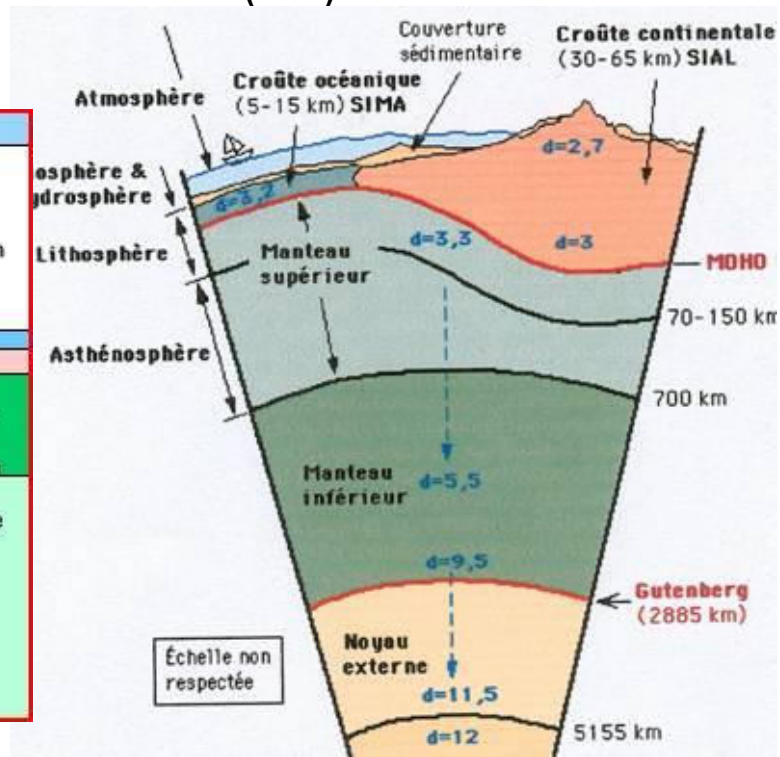
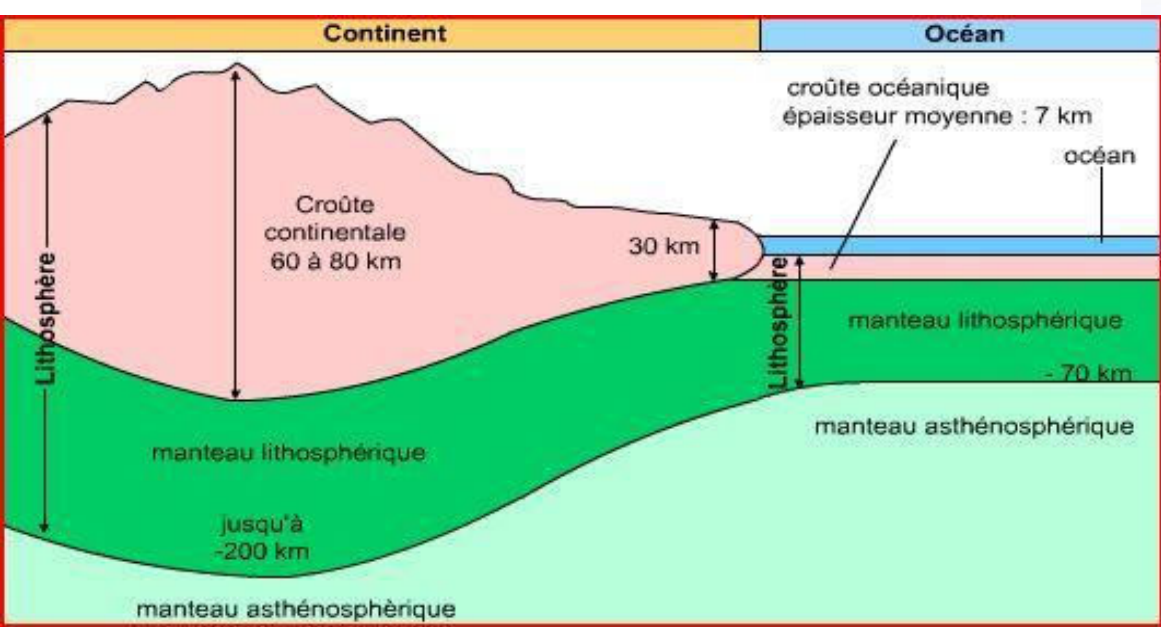
III.2.2.b. Sur la base du comportement physique des couches

Selon si les matériaux sont « rigides » ou « mous », on distingue :

- A. Lithosphère,
- B. Asthénosphère,
- C. Mésosphère

- D. Couche D,
- E. Noyau externe
- F. Noyau interne

A. La lithosphère: c'est un bloc *rigide* et qui comprend la *croûte* et la partie sommital rigide du *manteau supérieur*. Son épaisseur varie entre 5 km sous les océans et 100 km au niveau les continents. Sa limite inférieure est marquée par une discontinuité dite (LVZ).



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

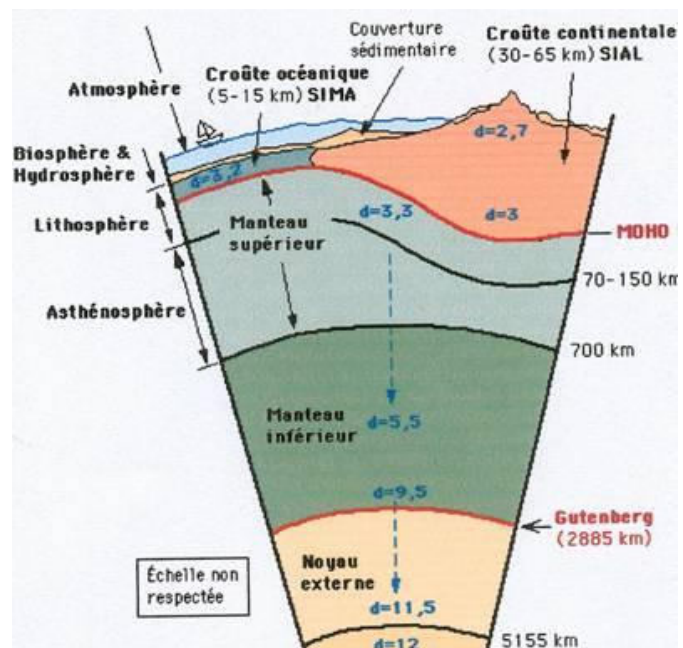
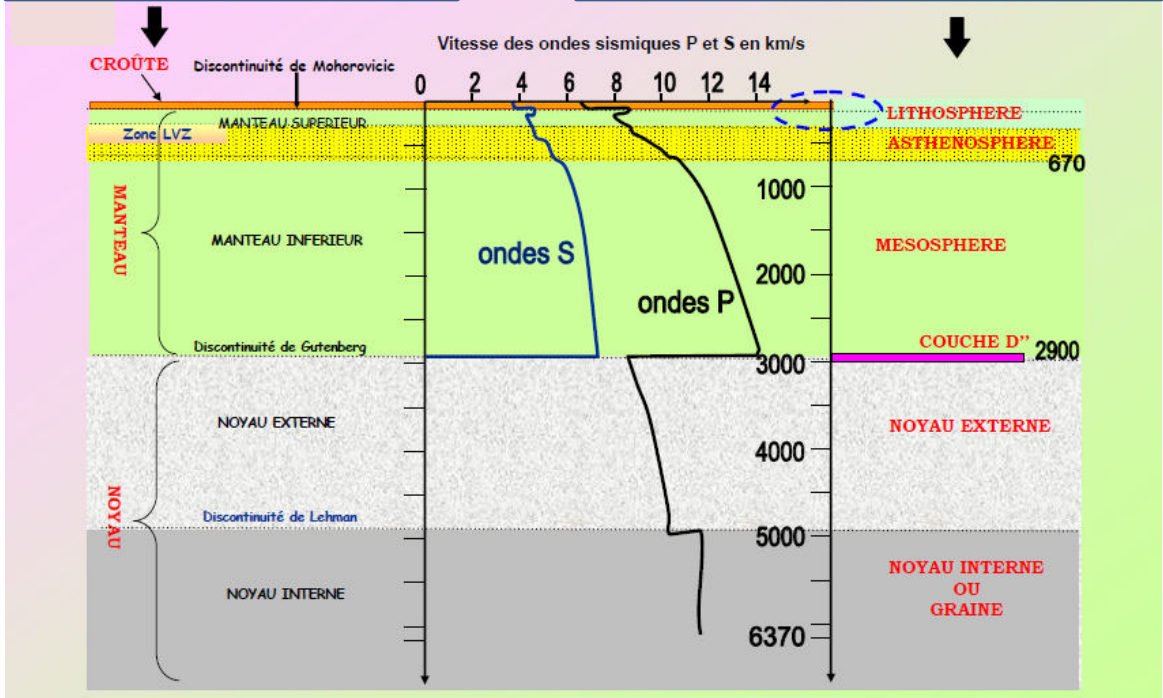
III.2.2. Structure interne du globe

III.2.2.b. Sur la base du comportement physique des couches

Selon si les matériaux sont « **rigides** » ou « **mous** », on distingue :

L'asthénosphère: qui est une zone **molle** ou **plastique** qui s'étend depuis la limite inférieure de la lithosphère jusqu'à 670 km de profondeur. Elle est formée du reste du manteau supérieur dont la partie supérieure est une zone de moindre vitesse des ondes sismiques (LVZ) dont l'épaisseur est d'environ 200 km. Sa densité est d'environ $3,3\text{g/cm}^3$.

- 1 - Sur la base des discontinuités majeures des vitesses des ondes sismiques : croûte, manteau et noyau
- 2 - Sur la base du comportement physique des couches (rigides ou molles) : lithosphère, asthénosphère, mésosphère, noyau externe et noyau interne



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

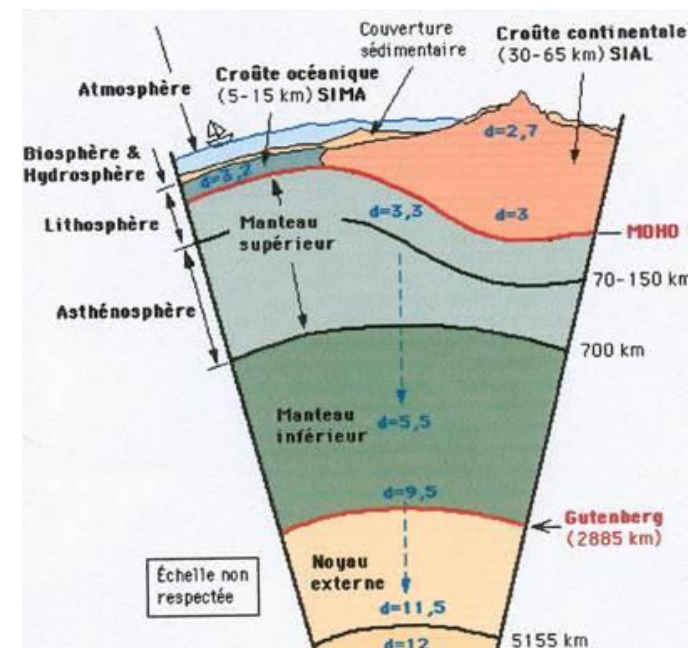
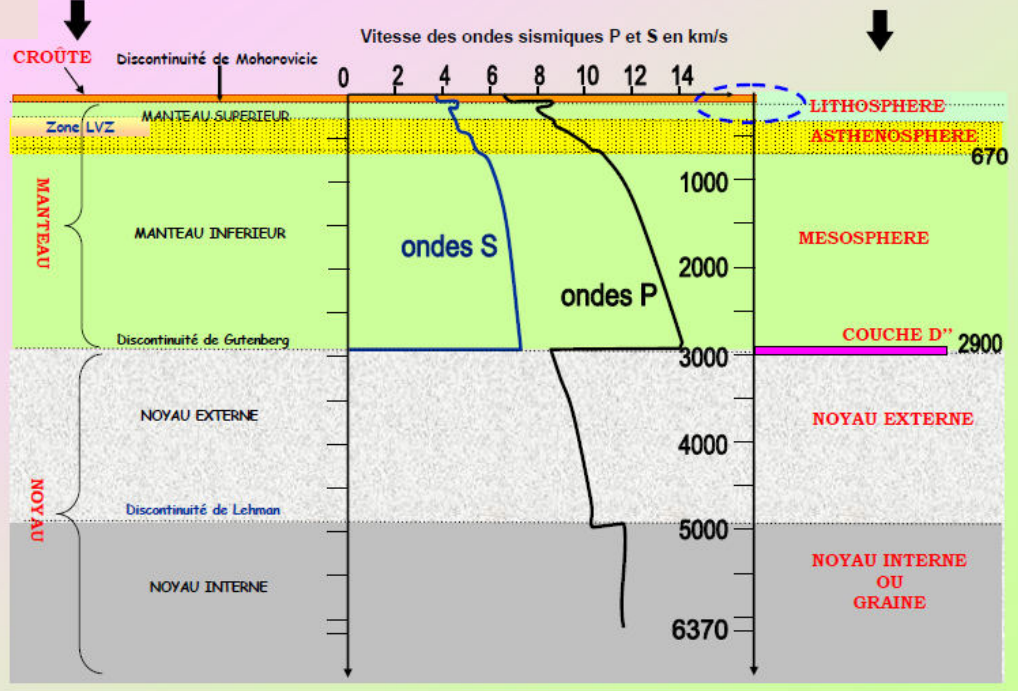
III.2.2. Structure interne du globe

III.2.2.b. Sur la base du comportement physique des couches

Selon si les matériaux sont « **rigides** » ou « **mous** », on distingue :

Mésosphère: est un bloc *rigide*; il est synonyme du manteau inférieur. Sa limite supérieure (670 km) est marquée par la croissance brutale des vitesses des ondes sismiques jusqu'à la **discontinuité de Gutenberg** (2900 km). Sa densité est également croissante avec la profondeur en passant de la valeur 3,3 à 5,5 g/cm³.

- 1 - Sur la base des discontinuités majeures des vitesses des ondes sismiques : croûte, manteau et noyau
- 2 - Sur la base du comportement physique des couches (rigides ou molles) : lithosphère, asthénosphère mésosphère, noyau interne et noyau externe



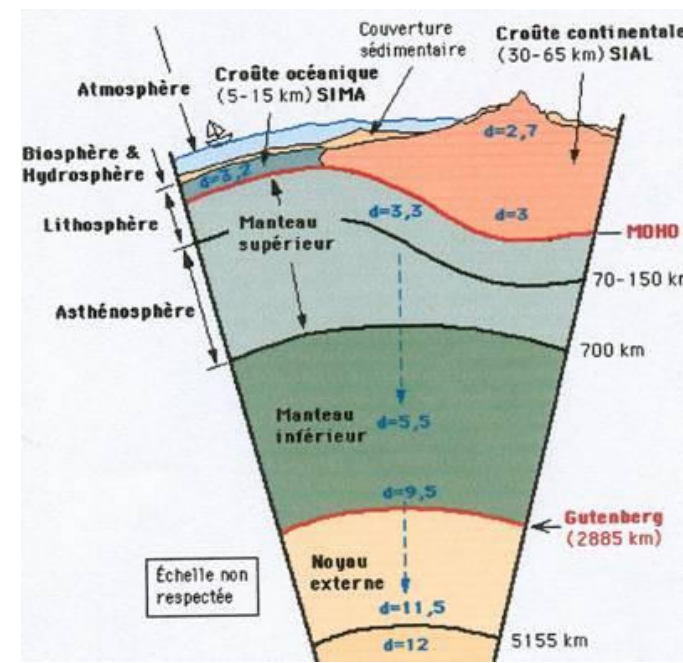
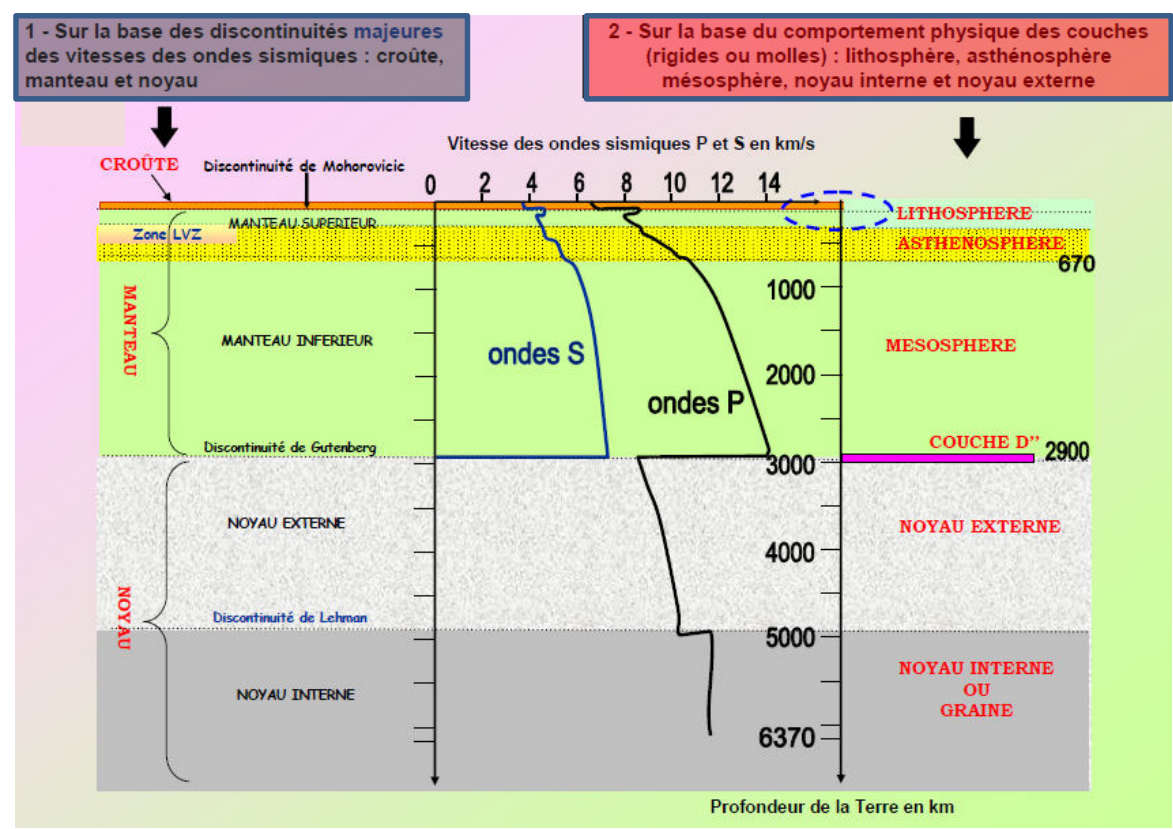
III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2.2. Structure interne du globe

III.2.2.b. Sur la base du comportement physique des couches

Selon si les matériaux sont « **rigides** » ou « **mous** », on distingue :

La couche « D » : C'est une zone *molle*, de 200 à 300 km d'épaisseur comprise entre le manteau inférieur et le noyau externe.



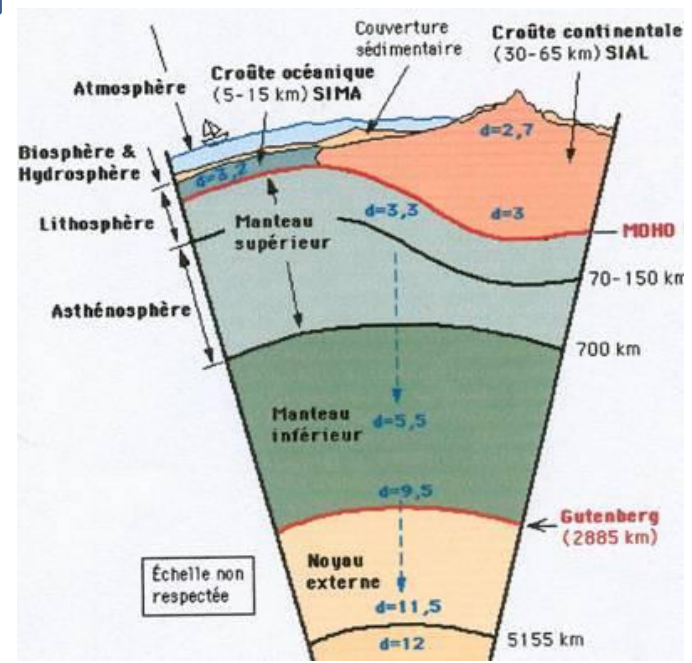
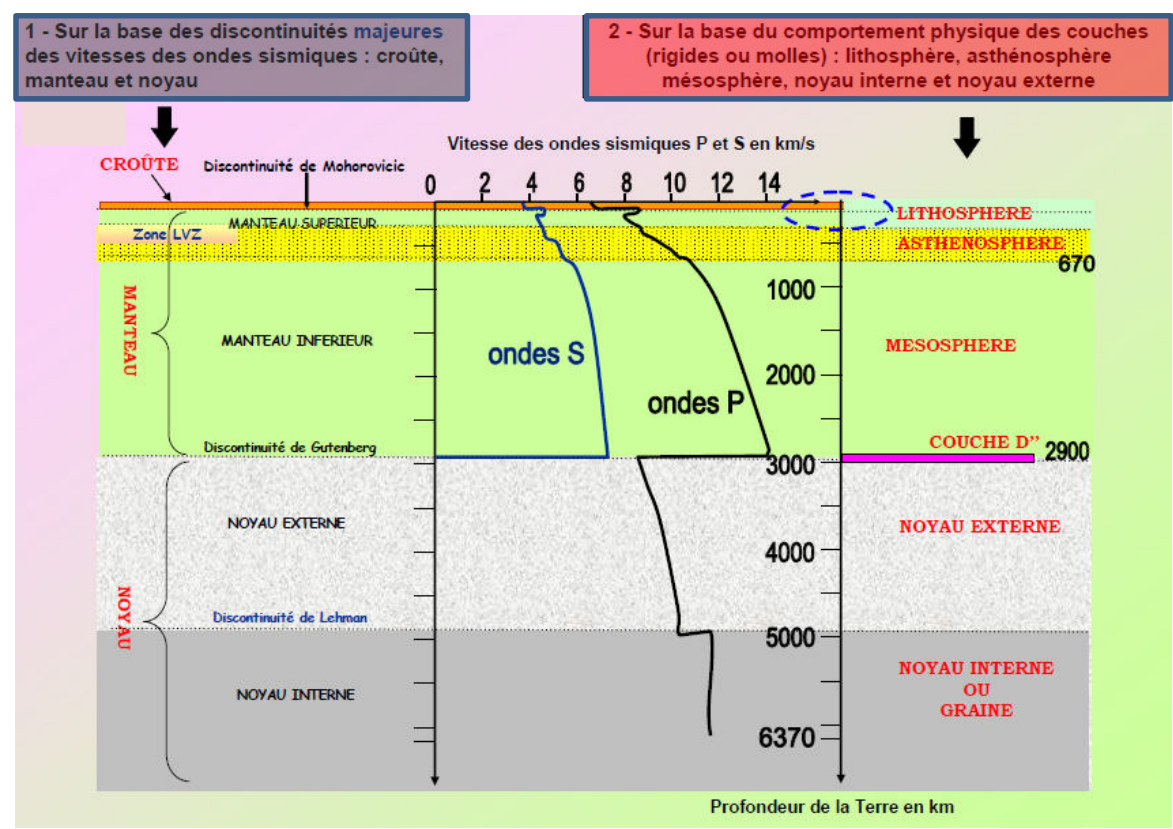
III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2.2. Structure interne du globe

III.2.2.b. Sur la base du comportement physique des couches

Selon si les matériaux sont « **rigides** » ou « **mous** », on distingue :

Le noyau externe: est une couche **liquide** comprise entre la couche D'' et la **discontinuité de Lehman**. Sa densité est croissante avec la profondeur ; elle passe de 9,5 à 11,5 g/cm³.



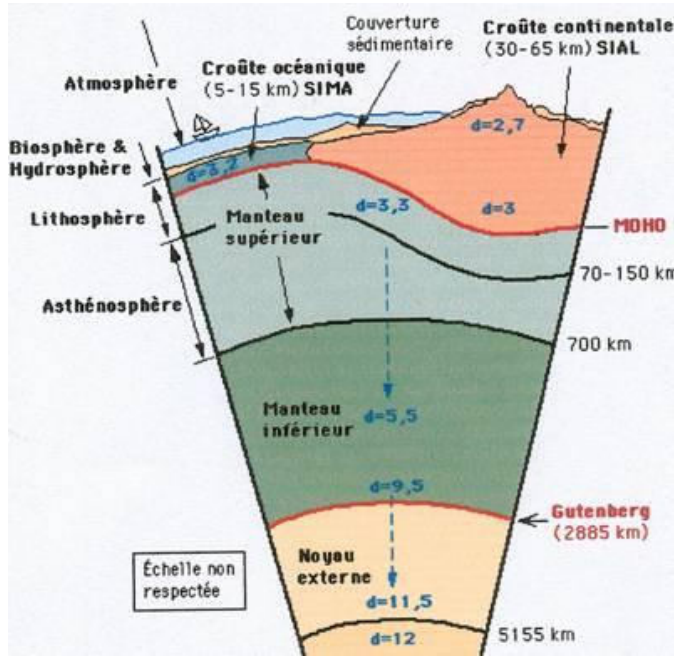
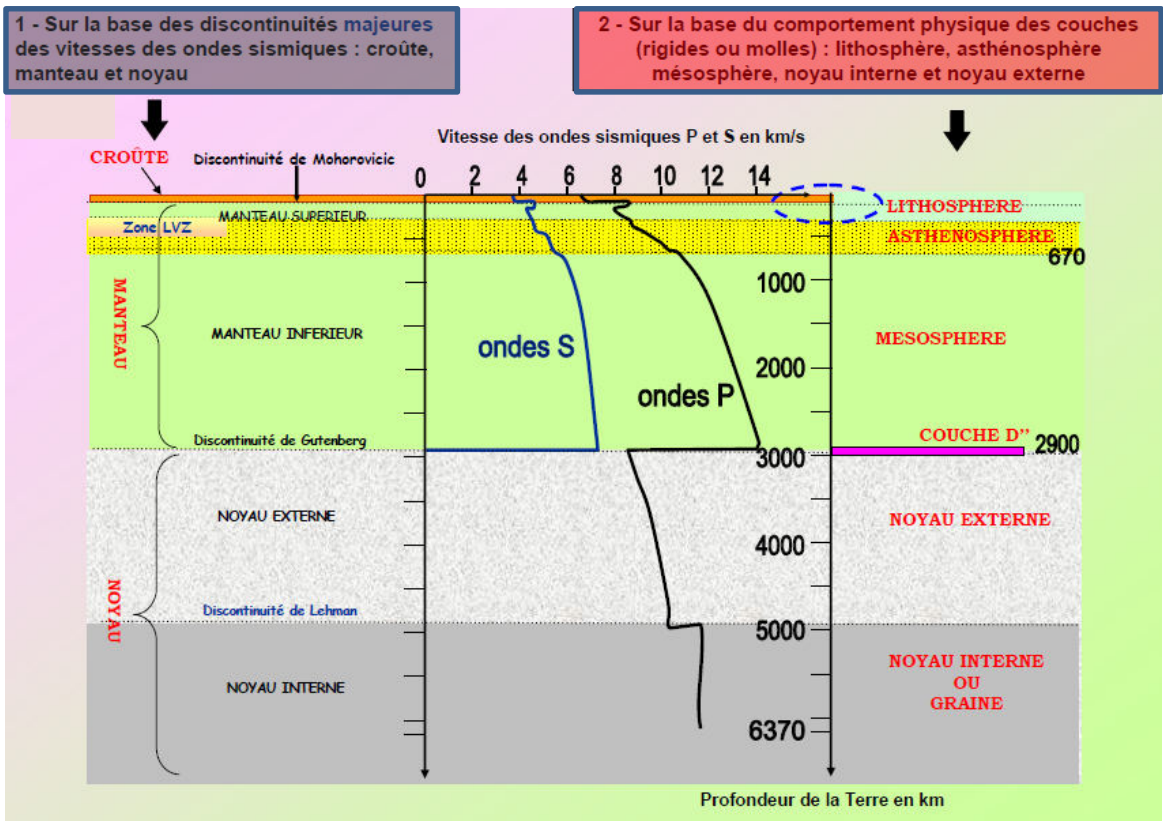
III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.2.2. Structure interne du globe

III.2.2.b. Sur la base du comportement physique des couches

Selon si les matériaux sont « rigides » ou « mous », on distingue :

Le noyau interne : est une couche solide appelée graine. Sa densité d est égal à 12 g/cm^3 .



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.3 Modèle géochimique, minéralogique de la terre

III.3.1.Méthodes directes

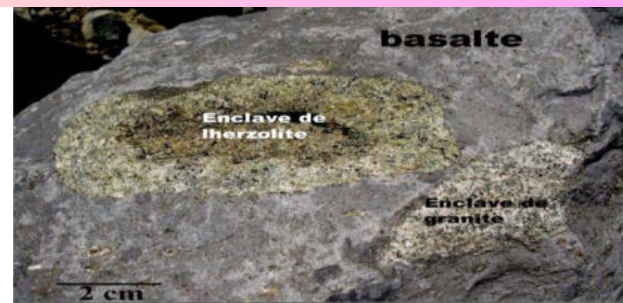
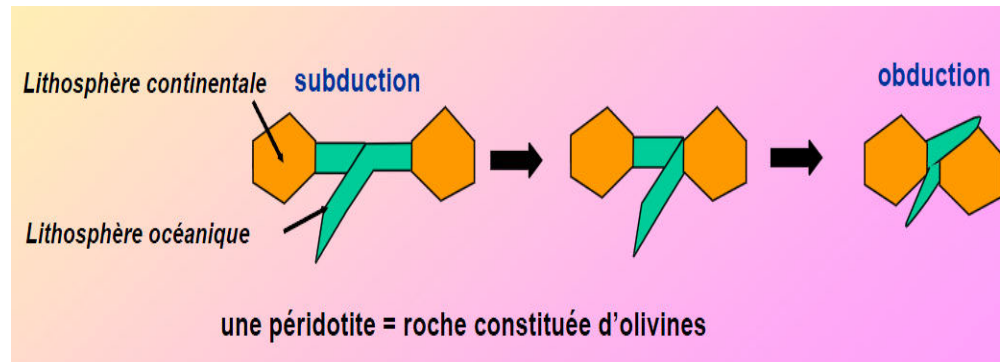
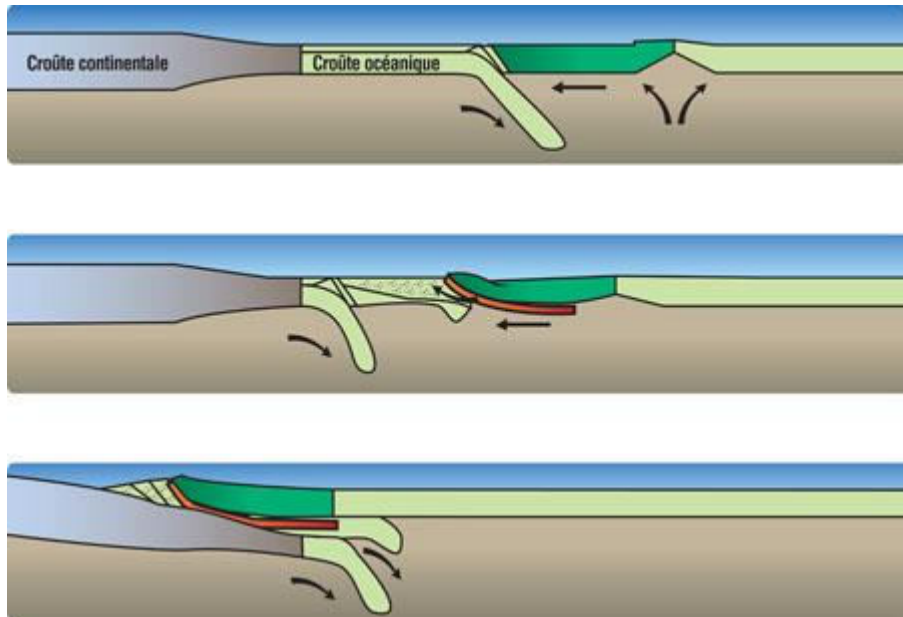
Certaines roches autrefois profondes maintenant visibles à la surface à la suite de leur soulèvement et de l'érosion des terrains qui les cachaient.

➔ roches de la croûte formées de silicates

Un silicate = combinaison de silice et d'oxydes métalliques

Exemples: Pyroxène Si_2O_6 (Fe, Mg)₂ Olivine SiO_4 (Fe, Mg)₂ Feldspath Si_3O_8 (K, Al)

➔ roches du manteau supérieur = péridotites qui affleurent actuellement grâce à la rencontre de deux continents (= obduction)



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

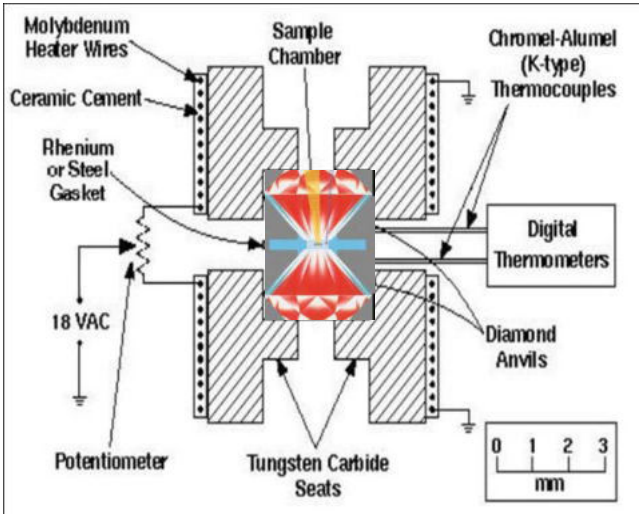
III.3. Modèle géochimique, minéralogique de la terre

III.3.1. méthodes indirectes

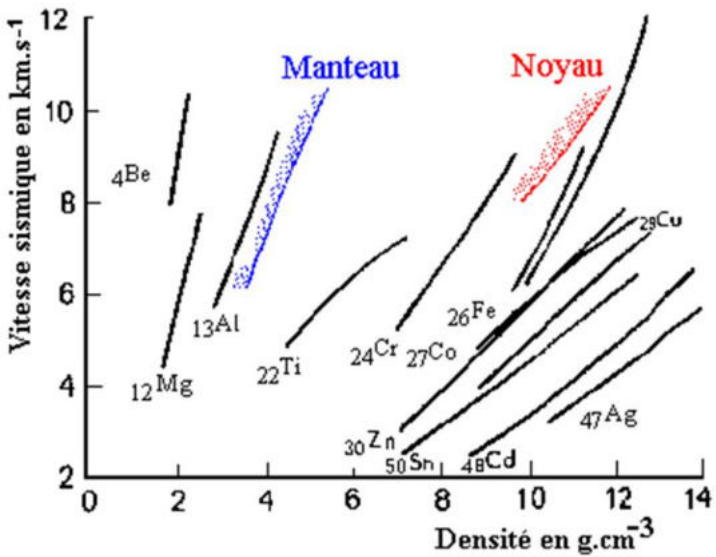
Au-delà de 250 km la composition chimique et minéralogique est actuellement connue **indirectement par l'étude au laboratoire**:

1. des matériaux en comprimant par exemple les péridotites.
2. des vitesses de transmission des ondes sismiques.
3. L'étude des météorites.

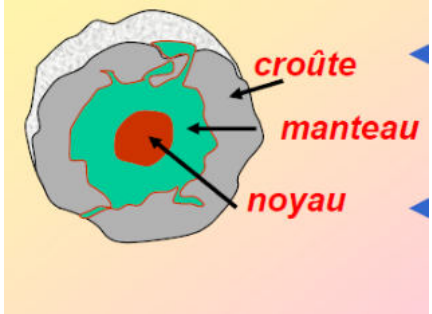
1



2



3



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.3. Modèle géochimique, minéralogique de la terre

III.3.2. Résultats

La croûte:

Les constituants principaux de la croûte sont la **silice** (SiO_2) (50 à 60% en moyenne) et l'**Alumine** (Al_2O_3) (15 à 16% en moyenne). Pour cela on désigne la croûte sous le nom de **SIAL**.

Parmi les autres constituants - qu'on a déterminé sous forme d'oxydes - lesquels sont en beaucoup plus faible pourcentage; on peut citer principalement CaO, MgO, FeO. Ces trois derniers sont plus abondants dans la croûte océanique et dans la partie inférieure de la croûte continentale que dans la croûte continentale supérieure.

Parce que la proportion de silice y dépasse un certain pourcentage la croûte continentale supérieure est dite "acide". Et elle constituée principalement de Quartz + Feldspaths + Pyroxènes.

Parce que la proportion de silice y est inférieure à un certain pourcentage de croûte continentale inférieure et la croûte océanique dont dites "*basiques*". Quartz + Pyroxènes + Oxydes.

La partie superficielle de la croûte continentale supérieure (quelques milliers de mètres) est constituée principalement de sédiments et de roches sédimentaires métamorphisées à la base de cette partie mais l'essentiel est formé de roches magmatiques granitiques, d'où parfois le nom de croûte "granitique" et de roches métamorphiques.

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.3. Modèle géochimique, minéralogique de la terre

III.3.2. Résultats

Le manteau

Le manteau a moins de silice (40% seulement de sa composition) que dans la croûte; il est donc très "basique". Il contient une forte proportion de magnésium; d'où l'attribution du nom SIMA au manteau. Sa partie supérieure est constituée de péridotites et sa partie inférieure a, probablement, la même composition que le manteau supérieur mais les atomes sont assemblés selon des structures plus denses (plus compactes) du fait de l'augmentation de la pression.

Du point de vue minéralogie :

- Le sommet du manteau supérieur est constitué d'Olivine + Pyroxènes + Oxydes
- La base du manteau supérieur est constitué de Spinelle (Olivine très dense) + Pyroxènes + Oxydes

Le manteau inférieur est constitué de Pérovskite (Olivine très très dense) + Oxydes

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.3. Modèle géochimique, minéralogique de la terre

III.3.2. Résultats

Le noyau

Le noyau interne

serait constitué d'éléments sidérophiles : beaucoup de fer, nickel, cobalt, or, platine, etc...;

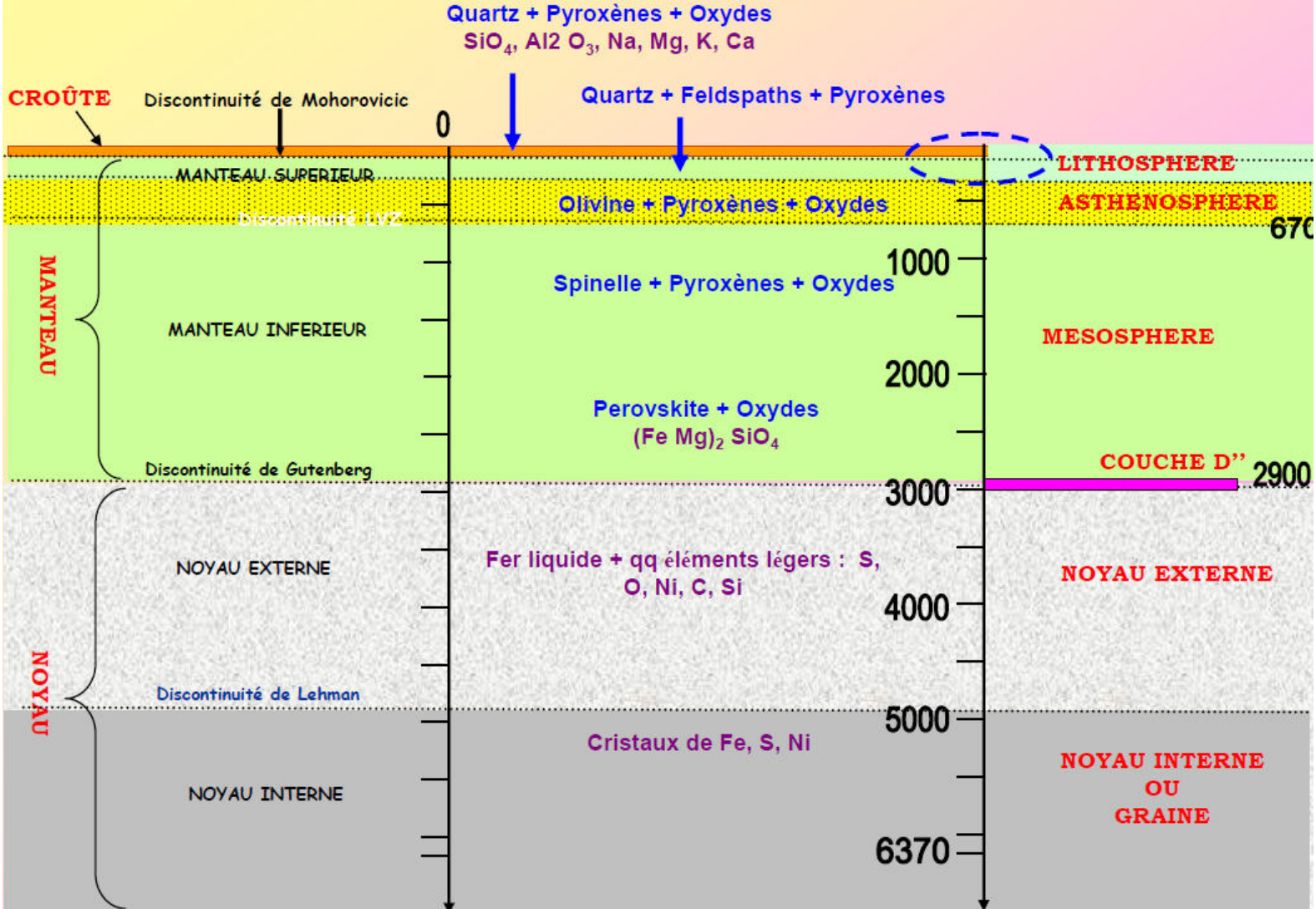
Le noyau externe

Liquide, serait constitué d'une forte proportion de fer associé à des éléments légers tels que l'oxygène, le soufre; et un peu de silice.

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.3. Modèle géochimique, minéralogique de la terre

III.3.2. Résultats



III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.4. Modèle thermique de la terre

La température croît avec la profondeur. On parle de gradient géothermique qui est égal en moyenne à $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ dans les zones stables de la croûte continentale et à $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ dans les zones de active. Si le gradient était constant en profondeur on aboutirait à une température très très élevées, incompatible avec son état solide de la graine.

La production de chaleur interne par la Terre est essentiellement la conséquence de la désintégration radioactive.

Le transport de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur est un processus complexe qui s'effectue principalement par *conduction* dans les couches limites thermiques (lithosphère, limite noyau-manteau) et par *convection* à l'échelle des temps géologiques dans les couches capables de se déformer par fluage (manteau, noyau).

L'énergie interne produite par la Terre est la source de tous les phénomènes internes qui s'y produisent : tectonique des plaques, séismes, volcanisme, variation du champ magnétique terrestre et du champ de pesanteur.

III. STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE

III.4. Modèle thermique de la terre

L'énergie : tectonique des plaques, séismes, volcanisme, variation du champ magnétique...
Le profil de la température en fonction de la profondeur (appelé géotherme)

