

## Introduction à la géologie

**I1. La géologie** (du grec géo : Terre et logos : discours, parole) s'intéresse à l'étude de la Terre, les matériaux qui la constituent, la structure de ces matériaux et les processus qui agissent sur eux. Elle comprend également l'étude des organismes qui ont habité notre planète. L'évolution au cours du temps de ces matériaux, structures, processus et organismes constitue l'une des préoccupations majeures de la géologie.

La Terre est une planète qui évolue depuis sa naissance il y a 4,56 milliards d'années. Les processus internes (volcanisme, séismes, tectonique des plaques..) et externes (érosion, sédimentation, action de l'eau ....) ainsi que ceux liés à la vie remodelent sans cesse la surface de la Terre. La géologie tente de retracer l'évolution de la Terre depuis sa naissance et d'expliquer l'ensemble des processus qui modèlent sa surface.

## I2 Intérêts de la géologie

La géologie est une science d'une importance majeure tant sur les plans scientifiques, qu'économiques ou technologiques.

- **Intérêt scientifique** : elle permet de connaître l'âge et l'histoire de la Terre depuis sa formation, les changements qu'elle a subis au cours des temps géologiques et tente de prévoir son avenir.
- **Intérêt économique** : les matières premières (fer, cuivre, argent, or, diamant...), énergétiques (pétrole, gaz, charbon...), les matériaux de construction (pierres, chaux, gypse,...) et les roches tels que les argiles utilisées en médecine et en produits cosmétiques sont extraits de la Terre ou fabriqués à partir de matériaux extraits de la surface de la Terre ; la recherche et l'exploitation de ces matériaux nécessitent une connaissance préalable en géologie. Connaissant l'importance de ces matériaux dans la vie quotidienne et en économie, on conçoit l'intérêt majeur de la géologie. La recherche et l'exploitation de l'eau, source vitale pour l'humanité, nécessitent également de bonnes connaissances en géologie étant donné que cette substance est extraite du sous-sol.
- **Intérêt technologique** : la construction des ouvrages d'arts (routes, ponts, tunnels, barrages ...), des villes, des usines, des ports ..... nécessitent une connaissance en géologie. Aucune construction ne peut se faire sans une étude préalable du sol (ce qui fait intervenir la géologie en premier plan) sur lequel sera bâti l'ouvrage.
- **Les risques et catastrophes naturels** : les connaissances en géologie sont primordiales pour étudier et prévoir les catastrophes naturelles telles que séismes, éruptions volcaniques, glissements de terrains, inondations .....

## I3. Les différentes branches de la géologie

Les objets d'étude de la géologie sont variés. Pour cette raison, il existe différentes spécialités :

L'étude des roches, matériaux de base qui constituent la surface de la Terre, s'appelle : **pétrographie**. Les roches sont constituées de minéraux, qui sont composés d'un ou plusieurs éléments chimiques. La branche de la géologie qui s'occupe de l'étude des minéraux est la **minéralogie**. Tous les minéraux sont des cristaux. L'étude des propriétés de la matière cristalline s'appelle : **cristallographie**.

La branche qui s'occupe de l'étude des volcans est la **volcanologie** (ou **vulcanologie**). Les processus d'érosion suivie du transport et du dépôt des sédiments sont très importants à la surface de la Terre. L'étude de ces processus s'appelle : **sédimentologie**. Les roches sédimentaires se présentent le plus souvent à la surface de la Terre sous forme de couches ou de strates. La description de ces couches ou strates est l'objet de la **stratigraphie**. Les roches sédimentaires contiennent souvent des fossiles, trace, restes ou moulages d'organismes conservés dans les roches. La **paléontologie** (paléo est un préfixe qui veut dire ancien) est la branche qui s'occupe de l'étude de ces fossiles. Les matériaux (roches, minéraux) sont souvent déformés à la surface de la Terre (exemple : dans les chaînes de Montagnes).

La branche qui étudie la déformation des matériaux à la surface de la Terre s'appelle : **tectonique**. L'étude du comportement chimique des éléments dans les roches s'appelle : **géochimie**. L'utilisation des méthodes de la physique pour l'étude de la Terre s'appelle : **géophysique**. On distingue plusieurs branches en géophysique : l'étude des séismes et de la propagation des ondes sismiques s'appelle **séismologie** (ou **sismologie**). La **géomorphologie** est une branche de la géologie qui s'occupe de l'étude de la forme et de l'évolution du relief à la surface de la Terre.

L'application pratique (dans les domaines pétrolier, minier, hydraulique et en construction) des différentes branches de la géologie s'appelle : **géologie appliquée** exemple : **la géologie pétrolière, l'hydrogéologie...**etc.

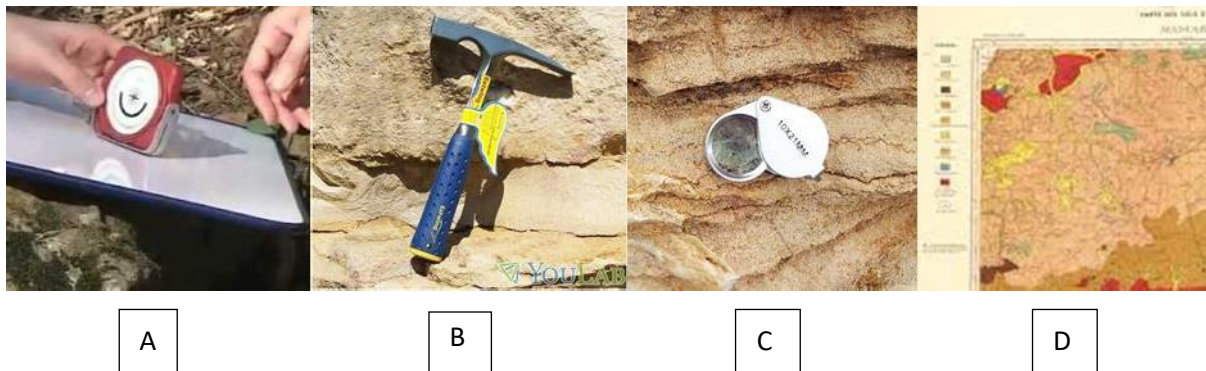
Ainsi, on remarque que certaines branches de la géologie font appel à d'autres disciplines telles que la physique (en géophysique), la chimie (en géochimie), la biologie (en paléontologie), les maths (géodésie, géostatistique), l'astronomie (en planétologie)...

## I4. Les méthodes d'étude de la géologie

Une étude géologique classique passe par plusieurs étapes : la première consiste en une étude sur le terrain (reconnaissance de la région, récolte d'échantillons, levés de cartes, prise de mesures ....), cette étude nécessite certains outils tels que : des cartes topographiques et géologiques, le marteau de géologue, la boussole, le GPS, le sac d'échantillonnage, la loupe, le carnet, l'appareil photo (fig.01).

La deuxième étape se déroule au laboratoire (l'observation microscopique et l'analyse des échantillons), au bureau ou devant un micro-ordinateur (étude des photos aériennes et satellites, étude de documents existants, interprétation des mesures faites sur le terrain).

La dernière étape consiste en la rédaction d'un rapport géologique détaillé sur l'étude qui a été réalisée ou la confection de cartes géologiques.



**Figure. 01.** Les différents outils utilisés par le géologue sur le terrain. A. Boussole, B. Marteau, C. Loupe, D. Carte géologique.

## II. Le système solaire

Âgé d'environ **4,55 milliards d'années**, le système solaire est situé dans la galaxie de la **Voie Lactée**. Il comporte une étoile nommé le Soleil (le soleil est l'une des 100 milliards d'étoiles de l'univers), huit planètes (Pluton n'étant plus considéré comme une planète depuis le 24 août 2006), cinq naines planètes, une centaine de milliers de satellites, des météorites, des astéroïdes et des comètes.

Le **soleil** est une étoile autour de laquelle tournent les différents constituants du système solaire. Cette étoile est formée essentiellement d'hydrogène H (73%) et d'hélium He (25%) et elle représente 99% de la masse totale du système solaire.

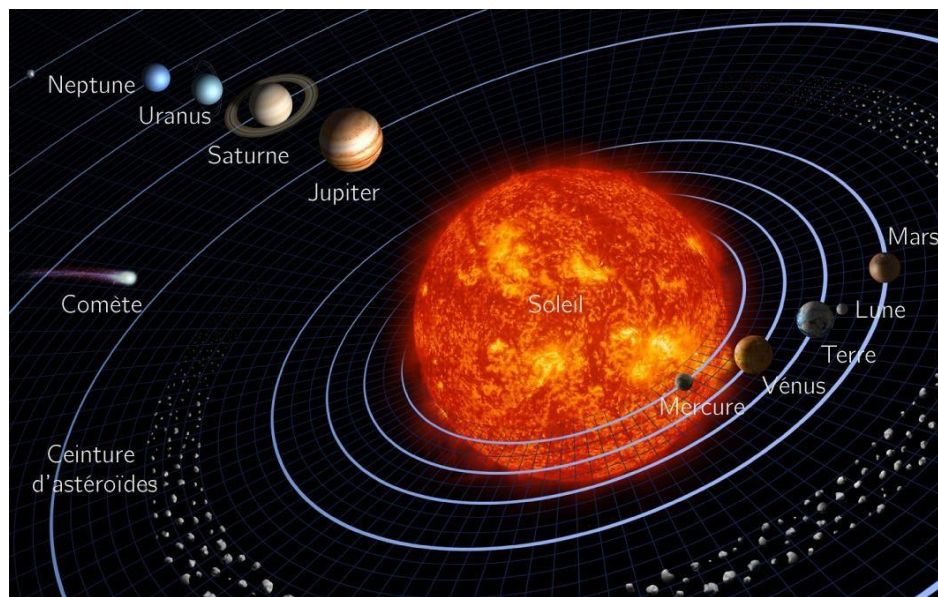
Le système solaire compte **huit planètes** qui sont, par ordre d'éloignement croissant : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Les quatre premières sont dites : les planètes telluriques alors que les quatre autres sont nommés les planètes géantes ou gazeuses.

- **Les planètes telluriques** : sont les quatre planètes les plus proches du soleil. Elles sont petites, denses (leur densité est comprise entre 3.3 et 5.5) et elles possèdent une surface rocheuse solide, essentiellement constituées de silicates et de fer et une atmosphère réduite, dépourvu on hydrogène.
- **Les planètes joviennes (géantes ou gazeuses)** : contrairement aux planètes telluriques,

les planètes géantes sont beaucoup plus volumineuses et légères et elles sont essentiellement constituées d'hélium et d'hydrogène.

Les **comètes** sont des objets célestes formés d'un noyau solide de glaces et de poussières. Le réchauffement de ce noyau lorsqu'il se rapproche du soleil provoque la formation de vapeurs et de poussières ce qui donne naissance à la queue de la comète. Elles proviennent majoritairement d'une zone très éloignée située au-delà de Neptune : **la ceinture de Kuiper** et à la limite de notre système solaire: **le nuage de Oort**

Les **astéroïdes** sont de petits corps célestes rocheux ou métalliques en orbite autour du soleil, leur taille varie entre 1 cm à des centaines de km. La plupart des astéroïdes se trouvent dans une ceinture qui sépare les deux catégories de planètes.



**Figure.02.** le système solaire

### III. La planète Terre

La planète **Terre** est une planète vivante, qui fait partie du système solaire. Elle se situe à environ 150 millions de Km du soleil. Cette distance est prise comme référence et constitue l'unité astronomique (U.A). Elle gravite autour du soleil selon une orbite elliptique parcourue en 365.25jours tout en tournant sur elle-même en 23h56min.

La Terre a une forme sphérique imparfaite, puisqu'elle est aplatie au niveau des pôles (à cause de la rotation de la Terre qui entraîne la formation d'un bourrelet au niveau de l'équateur). Son diamètre équatorial est de 12756km environ et son diamètre polaire est de 12713 km. Sa masse est de  $5,9 \cdot 10^{24}$ t. Sa densité moyenne est de 5.52.

La **Lune** constitue le seul satellite naturel de la Terre. C'est une sphère de 3476 Km de diamètre. Elle gravite autour de la Terre et elle tourne également sur elle-même.

## III.1. Structure du planète Terre

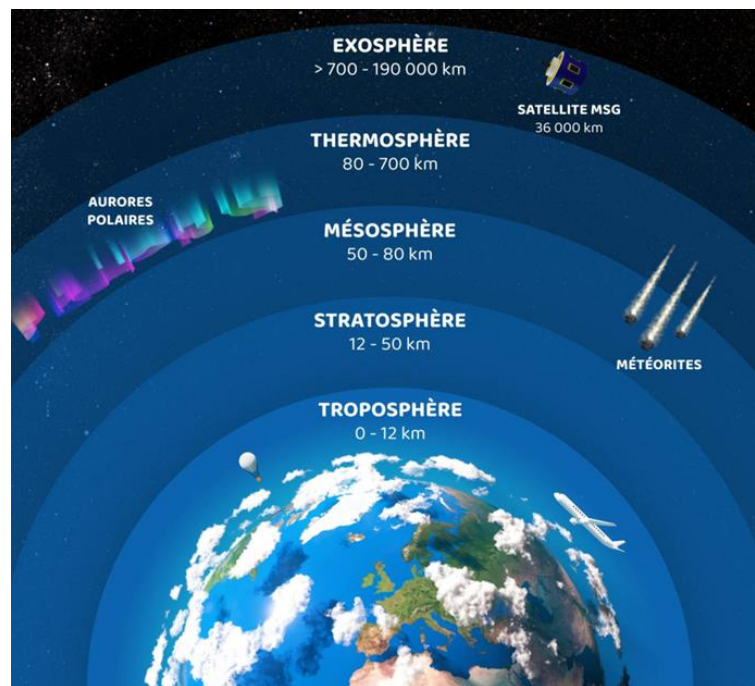
La planète Terre est constituée par un certain nombre d'enveloppes concentriques : des enveloppes externes (l'atmosphère et l'hydrosphère) et des enveloppes internes formant ce qu'on appelle la structure interne de la Terre.

A l'extérieur, la Terre peut être considérée comme un solide entouré d'une enveloppe liquide discontinue, **l'hydrosphère** et d'une enveloppe gazeuse, **l'atmosphère**.

**L'atmosphère** est la superposition de plusieurs couches gazeuses qui entourent la Terre et permettent la vie sur notre planète. On distingue cinq enveloppes atmosphériques, de bas en haut : la troposphère (0 à 12Km d'altitude, où se forment les nuages), la stratosphère (12 à 50Km d'altitude, où se trouve la couche d'ozone), la mésosphère (50 à 80Km d'altitude, une température glaciale), la thermosphère (80 à 700Km d'altitude, qui au contraire est très chaude), et l'exosphère (épaisseur très fine, qui forme un halo bleu autour de la Terre lorsqu'on l'observe depuis l'espace) (fig.03). Elle est composée principalement d'azote, d'oxygène et d'argon, ainsi que de traces d'autres gaz comme le dioxyde de carbone.

**L'hydrosphère** désigne l'ensemble des zones de la planète Terre où l'eau est présente. Dans notre planète, les mers et les océans couvrent 71% de la surface de globe, d'où son nom planète bleue (environ 95% de ces eaux est salée). Les 29% restant représente les continents.

**La biosphère** est l'ensemble des organismes vivants et leurs milieux de vie, donc la totalité des écosystèmes présents que ce soit dans la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère.



**Figure.03.** la structure de l'atmosphère

- **Structure interne du globe terrestre**

L'enregistrement des ondes sismiques grâce à un ensemble de sismographes permet alors de reconstituer leur trajet dans les profondeurs du globe terrestre et d'en calculer la vitesse à différentes étapes. Ces enregistrements montrent également l'existence de profondeurs particulières où la direction et la vitesse de propagation sont brutalement modifiées. Ces profondeurs constituent des discontinuités sismiques.

Ainsi les variations de vitesse de propagation des ondes résultent de différences des propriétés des matériaux traversés comme la composition, la température et la densité. Et donc c'est à partir aussi de ces variations qu'on est arrivé à comprendre la structure interne du globe terrestre.

L'intérieur de la Terre est constitué d'une succession de couches de propriétés physiques différentes: au centre, le noyau, qui forme 17% du volume terrestre et qui se divise en noyau interne solide et noyau externe liquide; puis, le manteau, qui constitue le gros du volume terrestre, 81%, et qui se divise en manteau inférieur solide et manteau supérieur principalement plastique, mais dont la partie tout à fait supérieure est solide; finalement, la croûte (ou écorce), qui compte pour moins de 2% en volume et qui est solide (fig.04).

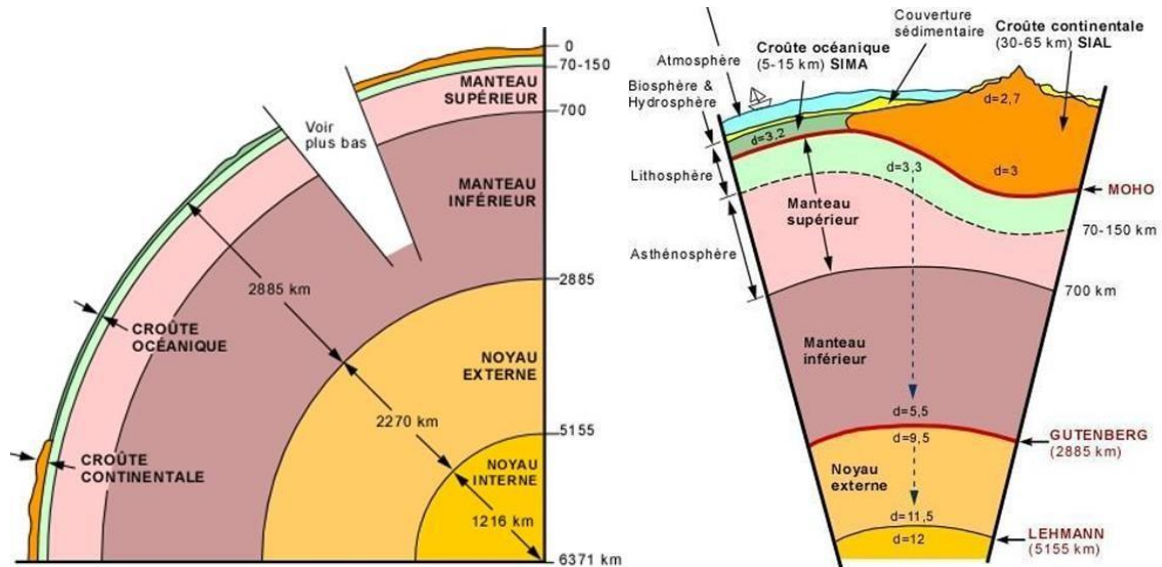
La **croûte** est l'enveloppe interne la plus superficielle du globe terrestre. C'est une couche solide mais de nature différente selon qu'elle forme les fonds des océans ou les continents. On reconnaît deux types de croûte terrestre: la croûte océanique (7 à 10 km en moyenne), celle qui en gros se situe sous les océans, qui est formée de roches basaltiques de densité 3,2 et qu'on nomme aussi SIMA (silicium-magnésium), cette croûte est relativement jeune puisque créée par la tectonique des plaques actuelle ; et la croûte continentale (35 km en moyenne, jusqu'à 70 km sous les chaînes de montagnes), celle qui se situe au niveau des continents, qui est plus épaisse à cause de sa plus faible densité 2,7 à 3 et qu'on nomme SIAL (silicium- aluminium), elle est essentiellement formée par des roches granitiques. Cette croûte porte les roches les plus vieilles sur Terre au-delà des 4 milliards d'année. La couverture sédimentaire est une mince pellicule de sédiments produits et redistribués à la surface de la croûte.

Les constituants principaux de la croûte terrestre sont :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{NaO}$ . Ces éléments comptent pour 98% du poids total de la croûte. Le plus abondant est l'oxygène.

Le manteau terrestre majoritairement solide, est le moteur responsable de l'activité tectonique de la planète. Il se divise en deux grandes entités : le manteau supérieur est constitué par deux couches : la lithosphère et l'asthénosphère. La lithosphère est une couche rigide et froide, formée par la croûte et la partie superficielle du manteau supérieur, tandis que l'asthénosphère est une couche moins rigide (plastique) et beaucoup plus déformable. Le manteau inférieur représente 66% du manteau terrestre. Le manteau terrestre est plus basique que la croûte, il renferme moins de silice ( $\text{SiO}_2$ ) et le Fe et le Mg sont très abondants.

Le noyau terrestre, composé essentiellement de fer (Fe) et nickel (Ni) est la couche la plus profonde, elle est stratifiée en un noyau externe liquide et un noyau interne solide

également appelé graine.



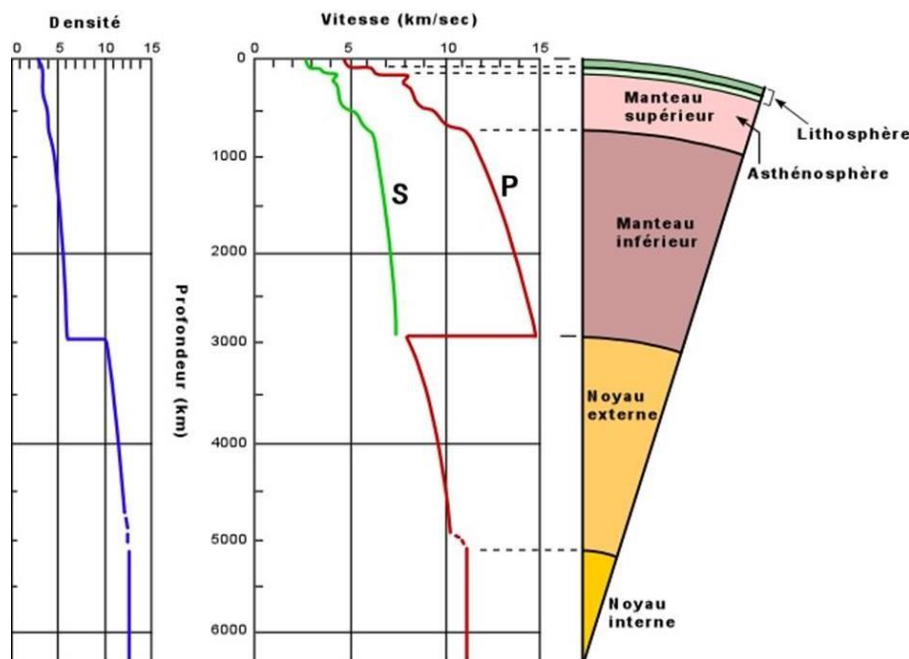
**Figure .04.** Une représentation de la structure interne du globe terrestre

Trois **discontinuités majeures** séparent croûte, manteau et noyau: **la discontinuité de Mohorovicic (MOHO)** qui marque un contraste de densité entre la croûte terrestre et le manteau, **la discontinuité de Gutenberg** qui marque aussi un contraste important de densité entre le manteau et le noyau, et **la discontinuité de Lehmann** discontinuité sépare noyau interne et noyau externe.

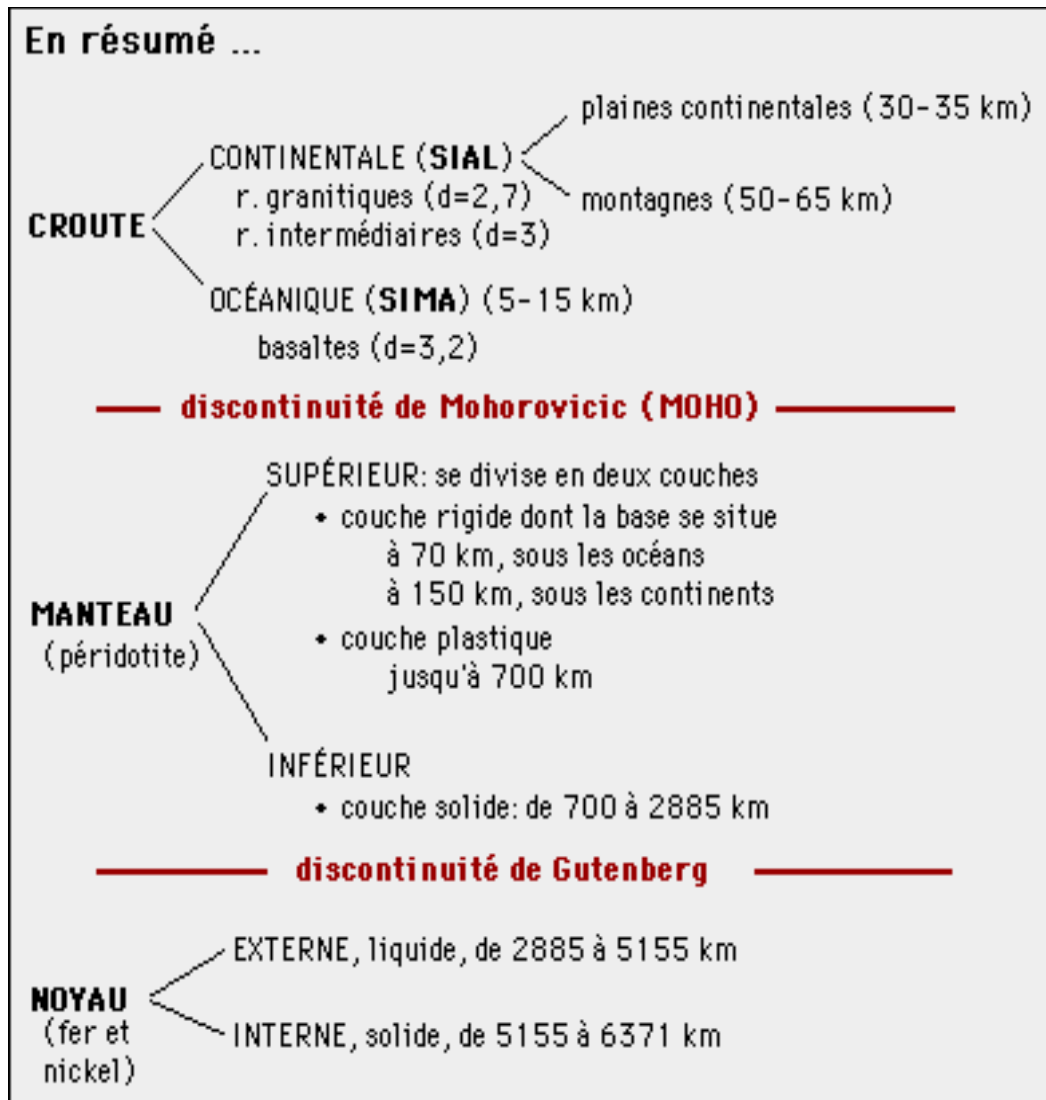
L'intérieur de la Terre est donc constitué d'un certain nombre de couches superposées, qui se distinguent par leur état solide, liquide ou plastique, ainsi que par leur densité. Les sismologues Mohorovicic, Gutenberg et Lehmann ont réussi à déterminer l'état et la densité des couches par l'étude du comportement des ondes sismiques lors des tremblements de terre. La vitesse de propagation des ondes sismiques est fonction de l'état et de la densité de la matière. Certains types d'ondes se propagent autant dans les liquides, les solides et les gaz, alors que d'autres types ne se propagent que dans les solides. Lorsque qu'il se produit un tremblement de terre, il y a émission d'ondes dans toutes les directions. Il existe deux grands domaines de propagations des ondes: les ondes de surface, celles qui se propagent à la surface du globe, dans la croûte terrestre, et qui causent tous ces dommages associés aux tremblements de terre, et les ondes de volume, celles qui se propagent à l'intérieur de la terre et qui peuvent être enregistrées en plusieurs points du globe. Chez les

ondes de volume, on reconnaît deux grands types: les ondes de cisaillement ou ondes S, et les ondes de compression ou ondes P. La structure interne de la Terre, ainsi que l'état et la densité de la matière, ont été déduits de l'analyse du comportement des ondes sismiques. Les ondes P se propagent dans les solides, les liquides et les gaz, alors que les ondes S ne se propagent que dans les solides. On sait aussi que la vitesse de propagation des ondes sismiques est proportionnelle à la densité du matériel dans lequel elles se propagent (fig.05).

La brusque interruption de propagation des ondes S à la limite entre le manteau et le noyau indique qu'on passe d'un solide (manteau inférieur) à un liquide (noyau externe). L'augmentation progressive de la vitesse des ondes P et S dans le manteau indique une augmentation de densité du matériel à mesure qu'on s'enfonce dans ce manteau. La chute subite de la vitesse des ondes P au contact manteau-noyau est liée au changement d'état de la matière (de solide à liquide), mais les vitesses relatives continuent d'augmenter, indiquant une augmentation des densités. Plus en détail, au contact lithosphère-asthénosphère, on note une légère chute des vitesses de propagation des ondes P et S correspondant au passage d'un matériel solide (lithosphère) à un matériel plastique (asthénosphère). La composition de la croûte terrestre est assez bien connue par l'étude des roches qui forment la surface terrestre et aussi par de nombreux forages.



**Figure. 05.** Coupe schématique de la Terre montrant sa structure interne. Sur le côté droit a été reporté les vitesses des ondes sismiques longitudinales (P) et transversales (S) ces dernières ne se transmettant pas dans les liquides. L'arrêt de la transmission des ondes S dans le noyau externe nous informe sur l'état liquide de celui-ci. En revanche, le reste de la planète se trouve à l'état solide



**Fig.06.** Résumé de la structure interne de la Terre

