F2. L'apport des études sismologiques et thermiques à la connaissance du globe terrestre

- Un **séisme** est un **ébranlement brutal du sol** provoqué en profondeur (au niveau du **foyer**) par le **mouvement relatif et brusque** de deux compartiments soumis à des **contraintes** (conduisant à une rupture).
- On observe une **libération brutale de l'énergie accumulée**, sous forme de chaleur et surtout d'**ondes sismiques** qui se propagent dans toutes les directions de l'espace.
- L'**épicentre** est le lieu en surface situé à la verticale du foyer.

Les études sismologiques.

- Suite à un séisme, les **ondes sismiques** peuvent être enregistrées à distance du foyer par un **sismogramme**.
- On enregistre des **ondes dites de profondeur** (car elles ont pénétré en profondeur avant de ressortir en surface), et des **ondes de surface** (plus lentes mais plus destructrices).
- Les **ondes de profondeur** sont les ondes **P** (premières, qui sont des **ondes de compression**) et **S** (secondes, qui sont des **ondes de cisaillement**).
- L'étude de ces ondes nous renseigne sur la **structure du globe terrestre**.

- Plus l'on s'éloigne de l'épicentre, plus la **vitesse des ondes P et S augmente**.
- Cette augmentation de vitesse est à corréler avec l'**augmentation de la masse volumique** des matériaux constituant la Terre avec la profondeur.
- Compte tenu qu'en surface on trouve des calcaires, granites, gneiss, basaltes et granulites de relativement faible masse volumique, on trouve des **matériaux plus denses en profondeur** (**péridotites dans le manteau** et **fer dans le noyau**).

- Les ondes P et S pénètrent en profondeur avant de ressortir en surface en différents points du globe suite à leurs réfractions et réflexions sur les discontinuités rencontrées (elles suivent les lois de Snell-Descartes).

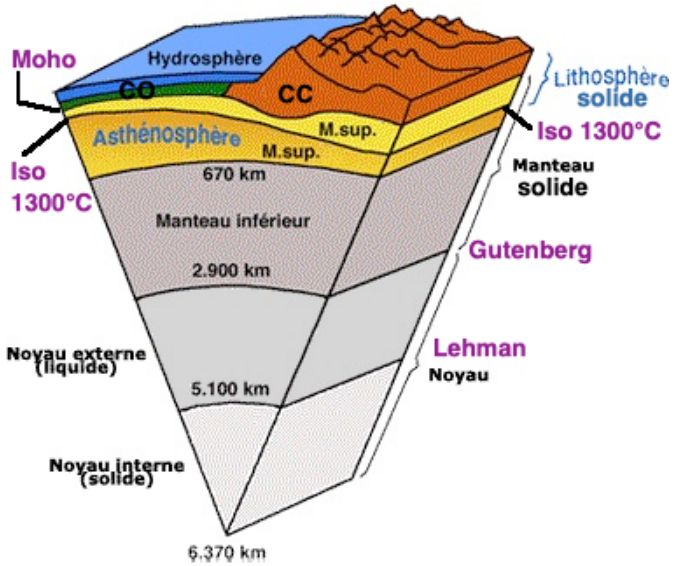
- Une **discontinuité** est une surface séparant deux **milieux aux propriétés physiques et/ou chimiques différentes**.

- Les **discontinuités majeures** sont :
* le **Moho**, la limite qui **sépare la croûte** (CC ou CO) **du manteau**.
* la discontinuité de **Gutenberg** repérable par la **zone d'ombre** des ondes P et S en surface (zone où aucune onde est perçue). Cette discontinuité marque un brusque changement de milieu entre le manteau et le noyau. A cette limite, les ondes P et S sont fortement réfractées du fait du changement de composition entre le **manteau rocheux** (péridotites) et le **noyau métallique** (alliage composé essentiellement de Fe).
* la discontinuité de **Lehman**, entre noyau externe et interne.

- Le **modèle PREM** (*Preliminary Reference Earth Model*), fondé sur les vitesses des ondes sismiques P et S fournit des informations sur la structure de la Terre (résumé dans le schéma).

La structure de la Terre.

http://geologie-alpe-huez.1001photos.com/roches/terre.php Modifié 2019



- Les ondes S, qui ne se propagent que dans les milieux solides, se propagent dans la majorité du globe : la **Terre est donc solide**. Seul le **noyau externe est liquide**.

- La **croûte terrestre comprend la CC et la CO**.
* La **CC** est épaisse en moyenne de **30 à 35 km** (avec de **nombreuses variations de profondeurs** : l'épaisseur peut être plus faible sur les marges continentales passives ou plus importante sous les chaînes de montagnes récentes comme les Alpes (une cinquantaine de km).
* La **CO** est épaisse de **7 à 10 km** en moyenne.

- Le **manteau supérieur** s'étend jusqu'à 670 Km et le **manteau inférieur** va jusqu'à 2 900 km. La roche du manteau est la **péridotite** (roche proche d'une roche magmatique, et composée d'olivine et pyroxène)

- La **masse volumique et la pression augmentent avec la profondeur**.

- **L'augmentation de la masse volumique est irrégulière** : elle dépend des matériaux traversés (la MV des péridotites mantéliques est bien moindre que celle du fer du noyau). Par ailleurs, dans le **manteau** la masse volumique évolue au fur et à mesure des **changements de structure de l'olivine** constituant la péridotite. Par exemple, dans le manteau inférieur, l'olivine est remplacée par la pérovskite.

- Le **noyau externe** débute à 2 900 km et s'étend jusqu'à 5 100 km, puis on trouve le **noyau interne**.

- On constate une **zone de ralentissement des ondes P et S au sein du manteau supérieur** située entre 100 et 200 km : c'est la **LVZ** (*low velocity zone*).
- Au niveau de la LVZ **le manteau est plus ductile**, ce qui ralentit les ondes sismiques.
- **La LVZ sépare le manteau supérieur en deux** :
* La **lithosphère** : ensemble constitué de la **croûte** (CO ou CC) et de la **partie supérieure du manteau supérieur**. La lithosphère a un **comportement rigide** (= se déforme en cassant).
* L'**asthénosphère** : reste du manteau supérieur. L'asthénosphère a un **comportement ductile** (= se déforme sans casser). La LVZ fait partie de l'asthénosphère.
- La **lithosphère à une épaisseur de 150 km en moyenne** (variations entre 100 et 200 km, la LC étant en général plus épaisse que la LO).
- Attention : la distinction lithosphère – asthénosphère est majeure en géologie. Il faut bien la maîtriser.

- Au niveau des **zones de subduction** (marquées par le présence de **fosses océaniques**), la **sismicité est très importante**. La **distribution des foyers se fait suivant un plan, le plan de Wadati-Benioff** : les séismes sont de plus en plus profonds au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la fosse (trace jusqu'à 670 km de profondeur).
- Les séismes existent à des profondeurs où ils ne devraient pas exister. Cela montre **l'enfoncement d'une LO au comportement cassant** (déformation rigide car la LO qui plonge reste froide) **dans l'asthénosphère ductile**.

Les études thermiques.

- La Terre produit de **l'énergie thermique** qui s'échappe vers sa surface.
- La **température interne terrestre augmente avec la profondeur** (c'est le **géotherme terrestre** = évolution de la température avec la profondeur), mais l'augmentation est irrégulière.

- **Gradient géothermique** : rapport entre la variation de température entre deux points et leur distance (exprimé en °C/Km).

- **Dans la lithosphère, le gradient géothermique est élevé** (la base de la lithosphère correspond à **l'isotherme 1 300°C**).
- Attention : l'isotherme 1 300°C est majeur en géologie. Il faut bien le connaître.

- **Dans le manteau, le gradient géothermique est plus faible**.

- Ces deux types de gradients différents sont à relier à **deux modalités différentes de la dissipation d'énergie thermique : la conduction et la convection**.

- Dans la **conduction**, l'efficacité du transfert thermique est **médiocre** (les roches sont de mauvais conducteurs thermiques).
- Dans la **convection**, l'efficacité du transfert thermique est **bonne**.

- Dans la **lithosphère**, le fort gradient géothermique s'explique par le fait que l'énergie géothermique est transférée par **conduction**.
- Dans le **manteau**, le faible gradient géothermique s'explique par le fait que l'énergie géothermique est transférée par **convection**.

- **Conduction** : transfert d'énergie thermique **sans déplacement de matière** (= propagation de proche en proche). Mode de **transfert d'énergie peu efficace**.

- **Convection** : transfert d'énergie thermique **avec déplacement de matière**. Mode de transfert d'énergie **plus efficace** dans le globe.

- On parle de mouvements de convection (la convection se faisant à **l'état solide** dans le manteau).

- La **vitesse des ondes sismiques dépend de la nature des matériaux traversés**, mais aussi de leur **température** : les ondes **vont plus vite dans des matériaux froids** (anomalie de vitesse positive) et inversement dans des matériaux chauds (anomalie négative).
- C'est ce principe qu'utilise la **technique de tomographie sismique**.
- Cela permet de visualiser que le **manteau** est marqué par de **fortes anomalies thermiques**.
- Il existe des **zones plus froides et plus chaudes dans le manteau** qui correspondent à des **mouvements de matière** (et donc à la **convection**).
- Les anomalies positives correspondent à des **LO froides qui pénètrent dans le manteau**.
- Les anomalies négatives correspondent à des **zones chaudes et à une remontée du manteau** qui compense la descente de la LO froide.