Chapitre 5 : La mobilité des continents : la naissance d'une idée.

On sait actuellement que la surface terrestre est un ensemble de plaques qui bougent les unes par rapport aux autres…
Néanmoins ce phénomène, aujourd'hui admis par l'ensemble de la communauté scientifique, a longtemps été sujet à controverse. De nombreux arguments apparus au fil des années ont été nécessaires pour la confirmer dans sa forme actuelle.

C'est en 1912 qu'Alfred Wegener publie la théorie de la dérive des continents. Cette théorie révolutionnaire rejetée à l'époque propose une mobilité horizontale des continents

Problèmes : Quels sont les arguments sur lesquels Wegener s'est appuyé pour énoncer sa théorie ?
Pourquoi cette théorie a-t-elle été abandonnée ?

1. La naissance de la théorie de la dérive des continents

TP 1 : Etude des arguments de Wegener

Wegener propose à partir d'observations géographiques (contours complémentaires des côtes Am/Af), paléontologie, pétrographiques (identification des roches) et structurales (déformations), sa théorie de la mobilité continentale.

- **arguments géographiques** : contours complémentaires des côtes Am/Af, cet emboîtement des continents n'est pas dû au hasard :
- **arguments paléontologiques** : comparaison faune et flore
- Présence des mêmes fossiles, datés de l'ère primaire en Amérique du sud et en Afrique
- **arguments pétrographiques** : correspondance entre les traces de glaciation de même âge laissées sur l'Amérique du sud, l'Afrique et l'Australie.
- **arguments structuraux** : document chaînes de montagne Appalaches, Mauritanides et Calédonide

Les trois chaînes de montagnes, Appalaches (Est de l'Amérique du Nord), Mauritanides (nord-est de l'Afrique) et Calédonides (Iles Britanniques, Scandinavie), aujourd'hui séparées par l'Océan Atlantique, ne forment qu'une seule chaîne continue si on rapproche les continents à la manière de Wegener.
Les géologues savent depuis longtemps qu'effectivement ces trois chaînes ont des structures géologiques identiques et qu'elles se sont formées en même temps entre 470 et 350 Ma.
On retrouve également des roches communes entre l'Afrique et l'Amérique du sud.

En 1912 Wegener réalise une synthèse de tous ces arguments et propose la théorie de la dérive des continents : Un super continent, la Pangée se serait fragmenté au début de l'ère secondaire et depuis les masses continentales légères (moins denses) dérivent à la surface de la terre.

Avant cette théorie, les reliefs sur terre étaient expliqués par des effondrements ou à des soulèvements aléatoires de la croûte terrestre que l'on pensait homogène.
Selon ce modèle (fixiste) l'étude statistique des altitudes devrait correspondre à une moyenne (courbe des fréquences correspond à une courbe de Gauss),
(En théorie, si l'on admet un seul niveau (1 continent qui s'effondre), la courbe des fréquences des altitudes est une courbe de Gauss avec un seul niveau.la fréquence diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du niveau initial.
Il existe 2 couches distinctes : les continents et les sols sous océaniques.)
or l'étude des altitudes met en évidence deux types d'altitudes moyennes, + 100 mètres altitude moyenne des continents et -4500 mètres altitudes des océans (courbe bimodale).
Cette donnée contredit l'idée des fixistes et conduit Wegener (mobiliste) à proposer l'existence de deux types de croutes, une croute légère continentale (CC) et une croute plus dense océanique. (C0)

La théorie de la dérive des continents est rejetée par la majorité des scientifiques de l'époque qui estiment qu'aucun moteur ne peut déplacer les masses continentales.

Remarque : Différence entre la dérive des continents de Wegener et la tectonique des plaques

- Dans la théorie de la dérive des continents, les continents dérivent en glissant sur une couche plus dense, qui ne participe pas au mouvement mais est simplement là comme « fluide porteur » qui accommode les déplacements.
- Dans la théorie de la tectonique des plaques, les continents sont pris dans une couche rigide (lithosphère). C'est la lithosphère dans son ensemble qui se déplace, les continents suivent passivement le mouvement de la lithosphère qui les entraîne.

2. Les études sismiques et le rejet de la théorie de Wegener

A. Qu'est-ce qu'un séisme ?

Rappel séisme

C'est une rupture brutale, locale (= foyer ≠ épicentre) de roches du globe soumises à des **tensions** (compressions ou étirement). Lorsque la limite d'élasticité de la roche est atteinte, celle-ci se casse. Le lieu de rupture correspond au **foyer** (hypocentre). **L'énergie emmagasinée** dans ces roches est alors **libérée** et se dissipe sous forme **d'ondes sismiques** (**vibrations**) qui se propagent à l'intérieur et à la surface du globe. (Ces ondes se déplacent différemment selon les milieux traversés.)
L'épicentre est le point de la surface situé à la verticale du foyer.
La magnitude (Richter - 1935) évalue l'énergie libérée

B. L'enregistrement des ondes sismiques.

Principe du sismographe
http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Meca/Oscillateurs/sismo.html
Animation flash sur le fonctionnement du sismographe.
Doc sismographe et ondes sismiques
La déformation du sol provoque le déplacement du socle du sismographe et du cylindre enregistreur tandis que la masse et le stylet restent fixes. Le stylet va donc dessiner sur le cylindre enregistreur le tracé des déformations du sol : un sismogramme.

Pourquoi installe-t-on 3 sismomètres ou sismographe dans une station d'enregistrement ?
Pour avoir un enregistrement dans les trois directions orthogonales : composante verticale, et deux composantes horizontales perpendiculaires : E/O et N/S.
Une station sismique possède 3 sortes de sismographes très sensibles :

- deux enregistrent les mouvements horizontaux
- un enregistre les mouvements verticaux

Les sismogrammes.
Un sismogramme correspond donc aux inscriptions successives de vagues d'ondes qui se sont propagées à travers le globe suivant des trajectoires diverses et à des vitesses plus ou moins importantes selon les propriétés des zones traversées. Son aspect dépend de la source, de la distance épicentrale, des milieux traversés, de la station.

C. Les différentes ondes sismiques

L'analyse d'un sismogramme montre trois types d'ondes décalées dans le temps :

-les ondes P, ondes premières, sont de faible amplitude. Ce sont des ondes de compression-décompression. Elles se propagent dans tous les milieux.

-les ondes S, ondes secondes ; lors de leur passage les matériaux se déplacent perpendiculairement à la direction de propagation. Elles ont la **particularité de ne pas traverser les liquides.**

Ces deux premiers types d'onde traversent l'intérieur du globe et donnent ainsi des informations sur ses structures profondes, ce sont des ondes de volume.

-les ondes L ou ondes de surface sont tardives et de forte amplitude. Elles sont à l'origine des principaux dégâts et ne se déplacent que dans les couches superficielles du globe.

Lorsqu'une onde sismique passe d'un milieu à un autre aux propriétés différentes (densités différentes liquide solide) sa vitesse et sa trajectoire sont déviées. La limite entre ces 2 milieux différents est appelée une **discontinuité.**

Exercice lois de Descartes

Au niveau **d'une discontinuité** l'onde sismique (trajectoire de l'onde) est déviée et donne naissance à **une onde réfractée** qui traverse le nouveau milieu et un**e onde réfléchi** qui reste dans le milieu d'origine.

TP 2, Propagation des ondes, observation zone d'ombre, observation et calcul profondeur du Moho

D. Les données sismiques valident l'existence d'une Terre solide

Au début du XXème siècle, Gutenberg donne une interprétation à la zone d'ombre sismique des ondes P.

Les stations éloignées (plusieurs milliers de km) enregistrent des ondes P et S qui ont traversé des zones profondes du globe. Or pour chaque séisme, il existe une zone d'ombre où celles-ci ne sont pas reçues, entre 105 et 140° de distance angulaire à l'épicentre. (Soit 11 500 et 14 500 km de distance épicentrale)

Cette zone d'ombre révèle la présence d'une discontinuité majeure à 2 900 km de profondeur: **la discontinuité de Gutenberg**, marquant la limite entre manteau profond et noyau. Les ondes S ne traversent pas cette discontinuité.

Gutenberg déduit de toutes ces informations que la Terre est solide jusqu'à cette discontinuité.

Schéma interprétation : trajet des ondes P

Le noyau externe est lui composé de roches liquides et la graine de roches solides, la discontinuité entre le noyau externe liquide et la graine solide est la discontinuité de **Lehmann** située vers 5100 Km.

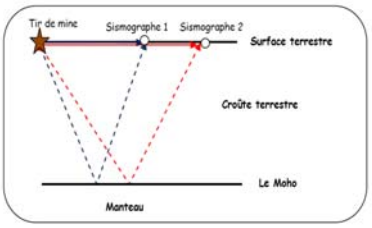
Livre page 93 doc 2 : Indiquez comment Wegener explique le mouvement des continents.

Les données de la sismique conduisent **au rejet de la théorie de la dérive des continents**, pour les scientifiques de l'époque comme Jeffreys (adversaire de Wegener) la Terre étant presque totalement solide, la migration des continents par les forces proposées par Wegener (mouvements liés à la rotation de la terre à l'attraction lunaire) est impossible, la Terre est beaucoup trop résistance à cette mobilité horizontale imaginée.

3. La mise en évidence de 2 types de croûtes

A. L'étude sismique de la croûte terrestre

Les expériences du TP2 montrent que la vitesse des ondes sismiques dépend de la nature et des propriétés (densité) des matériaux traversés. La vitesse des ondes permet d'identifier la croute continentale (CC, densité 2.7, vitesse des ondes P 6.5 Km/s) et la croute océanique (CO, densité 2.9) qui reposent sur le manteau lithosphérique.



On observe que les stations proches de l'épicentre (jusqu'à quelques centaines de km de l'épicentre) reçoivent des ondes directes, mais aussi de nombreux "échos", résultats d'une réflexion sur une surface de discontinuité: le **Moho** (de Mohorovicic, géologue yougoslave qui la découvrit en 1909), Elle sépare la croûte (continentale ou océanique) du manteau lithosphérique plus dense, à 30 km en moyenne sous les continents, 7 km sous les océans.

B. La croute continentale.

TP 3 : Etude roche CC, CO et manteau, mesure de densité.

Les roches continentales qui affleurent à la surface des sols sont très variées, mais toutes ne sont pas représentatives de la composition globale de la croûte continentale. On trouve :

- les roches de surface

- les roches sédimentaires (5%) : ne représentent qu'un placage de quelques km (3km). Roches résultant du dépôt puis de la consolidation de sédiments en couches superposées, les strates.
- les roches magmatiques volcaniques : réduites à des zones localisées

- les roches du socle (30 à 50 km)

- les roches magmatiques plutoniques= les granites (40%). Celles-ci proviennent de la solidification (cristallisation) d'un magma. Ce sont des roches **grenue**, entièrement cristallisé (**holocristalline**)
- Il existe un autre type de roche : les roches métamorphiques telles que le gneiss (55%). Les roches métamorphiques sont issues de la transformation en profondeur et à l'état solide de roches préexistantes, suite à des changements de conditions de T° et de Pression.

C. La croûte océanique.

Les forages du plancher océanique rencontrent systématiquement du basalte sous les sédiments marins.
Un basalte est une roche microlitique qui montre des minéraux de tailles inégales noyés dans une pâte amorphe (sans forme) non cristallisée appelée un **verre.** On distingue des phénocristaux (gros cristaux) et d'autre de petites tailles ou (microlites).
Le basalte est **une roche magmatique volcanique** Sous le basalte qui forme la surface de la CO (croûte océanique) se trouve dans la partie plus profonde les gabbros.

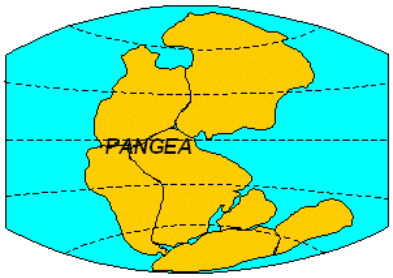
Un gabbro à la même composition chimique et minéralogique qu'un basalte. Le gabbro a une **structure grenue**. IL s'agit aussi d'une **roche magmatique plutonique.** Basalte et gabbro ont la même composition chimique et minéralogique, on peut faire l'hypothèse que ces roches proviennent de la cristallisation d'un même magma.

D. Le manteau supérieur

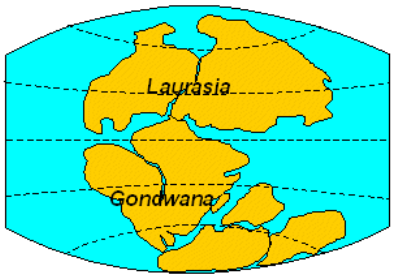
Bien que le manteau supérieur ne soit pas accessible directement à l'échantillonnage, on dispose néanmoins de fragments du manteau supérieur remontés à la surface dans des magmas (inclusions) ou par des mouvements tectoniques (ophiolites : ensemble de roches magmatiques présent dans les chaînes de montagnes, composé de bas en haut de péridotites, de gabbros, injections de basalte et de pillow lavas).
Il est formé de péridotites. Ce sont des roches composées essentiellement de minéraux ferromagnésiens : pyroxènes et olivines.(90 à 100% de la roche)

Conclusion :
Au début du XXème siècle, les premières idées évoquant la mobilité horizontale s'appuient sur quelques constatations :
- la distribution bimodale des altitudes (continents/océans) ;
- les tracés des côtes ;
- la distribution géographique des paléoclimats et de certains fossiles.
Ces idées se heurtent au constat d'un état solide de la quasi-totalité du globe terrestre établi, à la même époque, par les études sismiques. L'idée de mobilité horizontale est rejetée
La différence d'altitude observée entre continents et océans reflète un contraste géologique.
Les études sismiques et pétrographiques permettent de caractériser et de limiter deux grands types de croûtes terrestres : une croûte océanique essentiellement formée de basalte et de gabbro et une croûte continentale constituée entre autres de granite.
La croûte repose sur le manteau, constitué de péridotite.

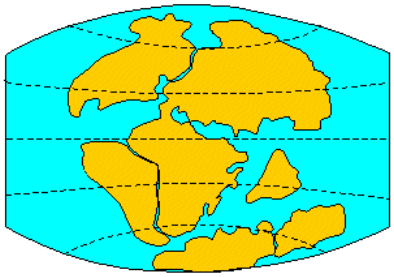
Schéma bilan à compléter - correction



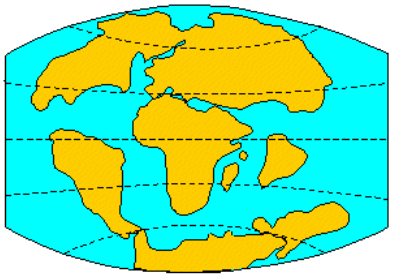
PERMIEN – 225 MA



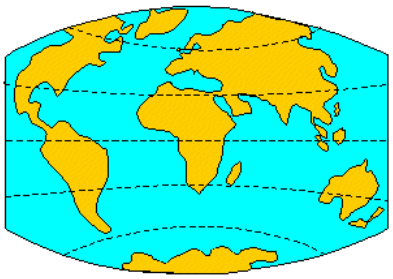
TRIAS – 200 MA



JURASSIQUE – 135 MA



CRETACE – 60 MA



ACTUEL