

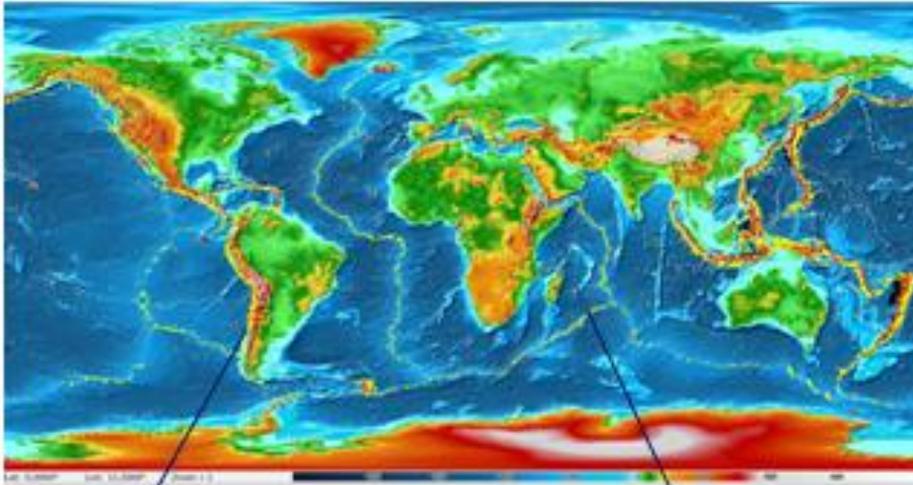
La tectonique des plaques: histoire d'un modèle

Progression pédagogique en 1^e S
David Bard - **APBG**



Temps approximatif: 10 semaines

Rappel des acquis de 4^e et motivation



Rapprochement au niveau des fosses océaniques



Ecartement au niveau des dorsales océaniques

Les séismes au Japon, prévisibles?



- **Les différents séismes du Japon :**
1923 (Plaine du Kantô 140 000 morts)
1995 (Kobe 5600 morts)
2011 (Sendai ?).

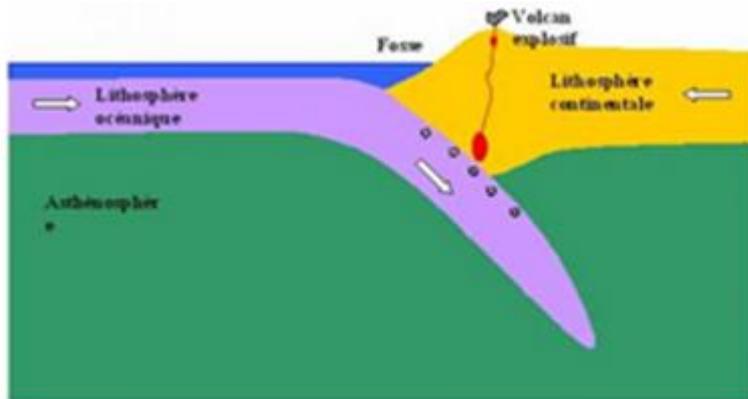


Tableau d'Hokusai
montrant le tsunami

- Référence à l'histoire
de l'art

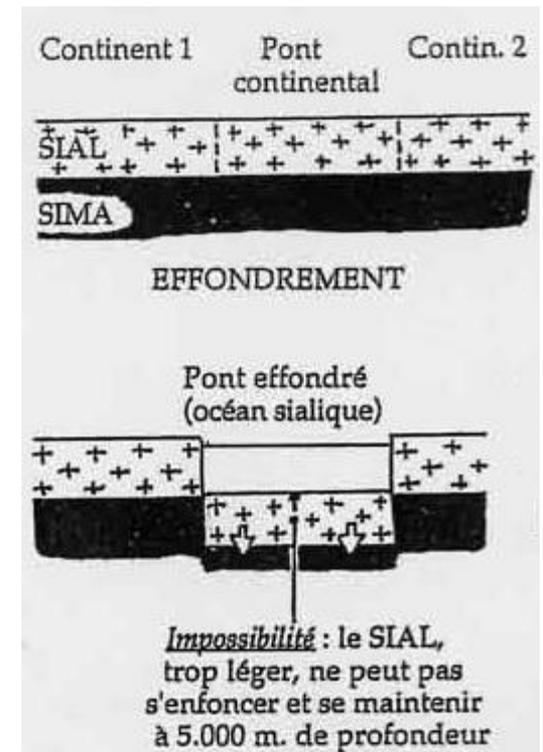
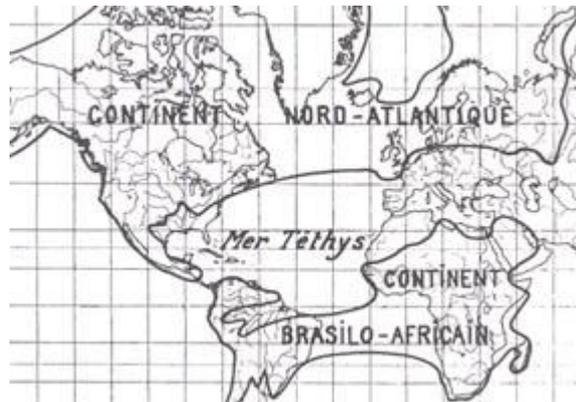
**Comment le
modèle actuel
de la
tectonique des
plaques a-t-il
été construit et
s'est-il imposé
au cours du
XXe siècle ?**

Chapitre 1 : Les premiers indices du
mouvement des continents : une
révolution géologique controversée
au début du 20^e siècle et ses
interprétations actuels

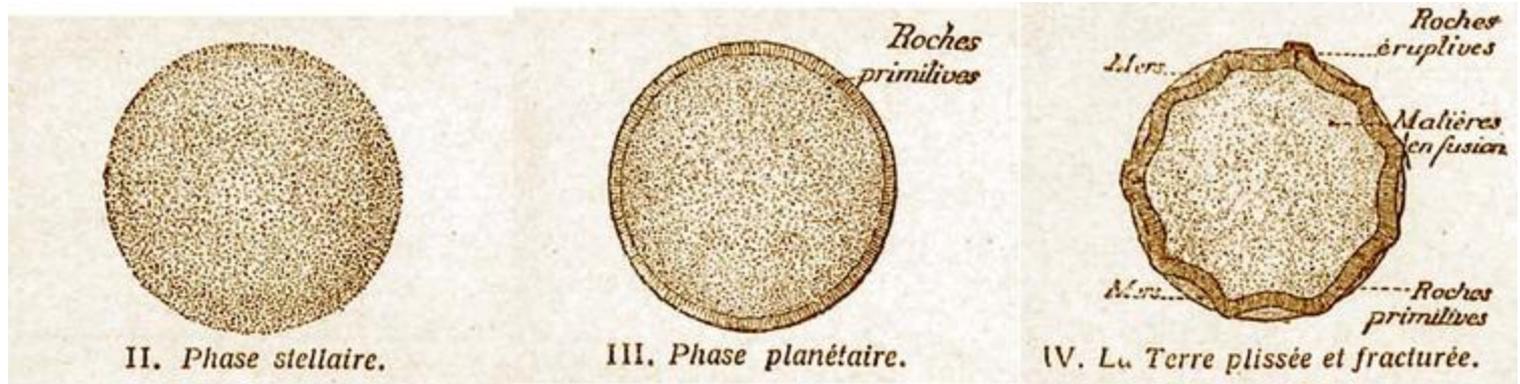
3 sem.

Petit retour en arrière...le fixisme

- 1620 : Francis Bacon remarque des similitudes entre la forme des continents
- 1668 : Francis Placet pense que l'Atlantique s'est formé par effondrement, après le déluge, de la partie centrale d'un bloc continental
- Théorie reprise plus tard sous le terme de « ponts continentaux » (Mythe de l'Atlantide)



La pomme flétrie !



- Terre homogène qui refroidie en entraînant sa contraction et en engendrant des soulèvements et des affaissements aléatoires comme une vieille pomme qui se ratatine.

I- La naissance d'une idée : les premières constatations d'une mobilité horizontale des continents

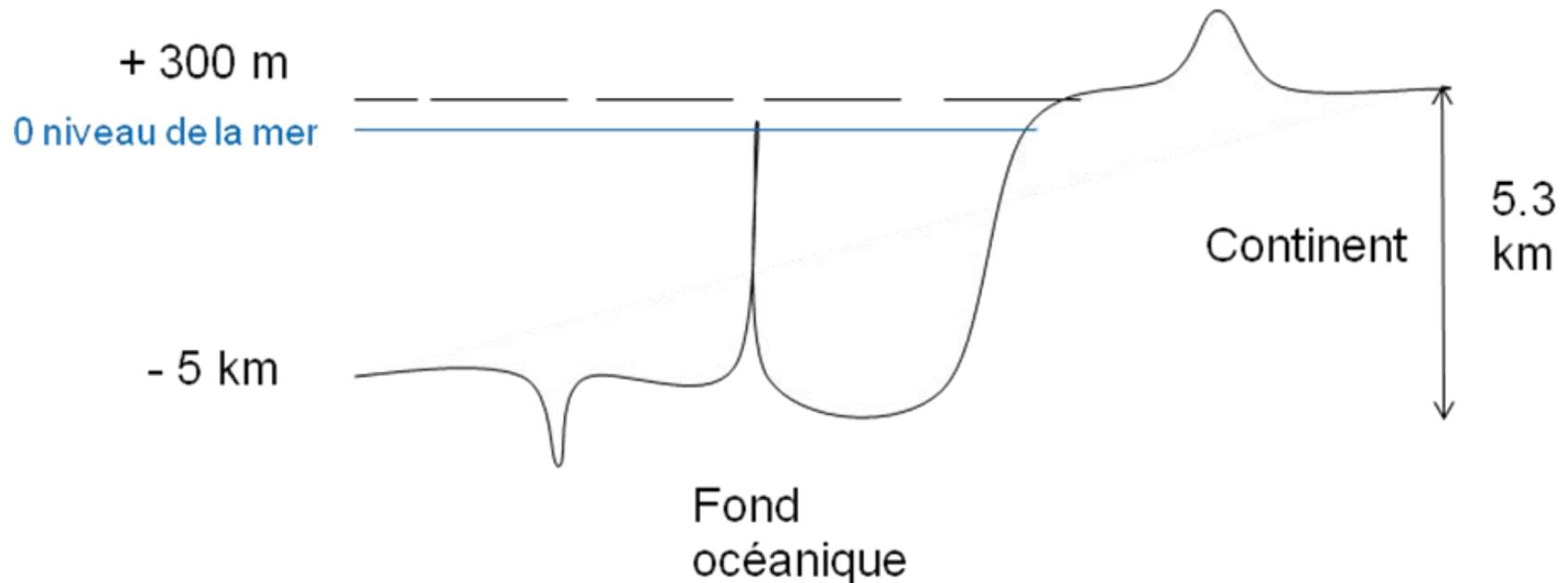
A- Les faits d'une dérive des continents (1912)

Comment concevoir que les continents puissent être en mouvement les uns par rapport aux autres ?

Act 1 : Recenser, extraire et organiser des informations de texte historique d'Alfred Wegener

Support : carte de l'Amérique du sud et Afrique accolées avec les indices. Courbe bimodale des altitudes

Schéma explicatif de l'interprétation de la courbe bimodale des altitudes



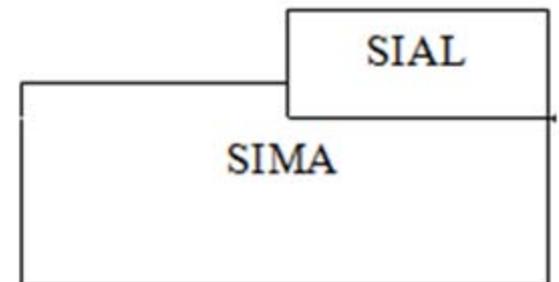
Wegener : météorologue allemand qui compile les travaux de plusieurs scientifiques travaillant dans des domaines différents (paléontologie, géologie, géographie, paléo-climatologie)

Attention !

SIAL et SIMA différents de croûte continentale et croûte océanique.

SIAL moins dense que le SIMA

Le SIAL repose dans le SIMA



B- Les obstacles à l'hypothèse d'une dérive des continents en 1912

Act 2 : Réaliser et exploiter des modélisations analogiques pour établir un lien entre propagation des ondes sismiques et structure du globe

Support : zone d'ombre + logiciel ondes P + doc zone d'ombre

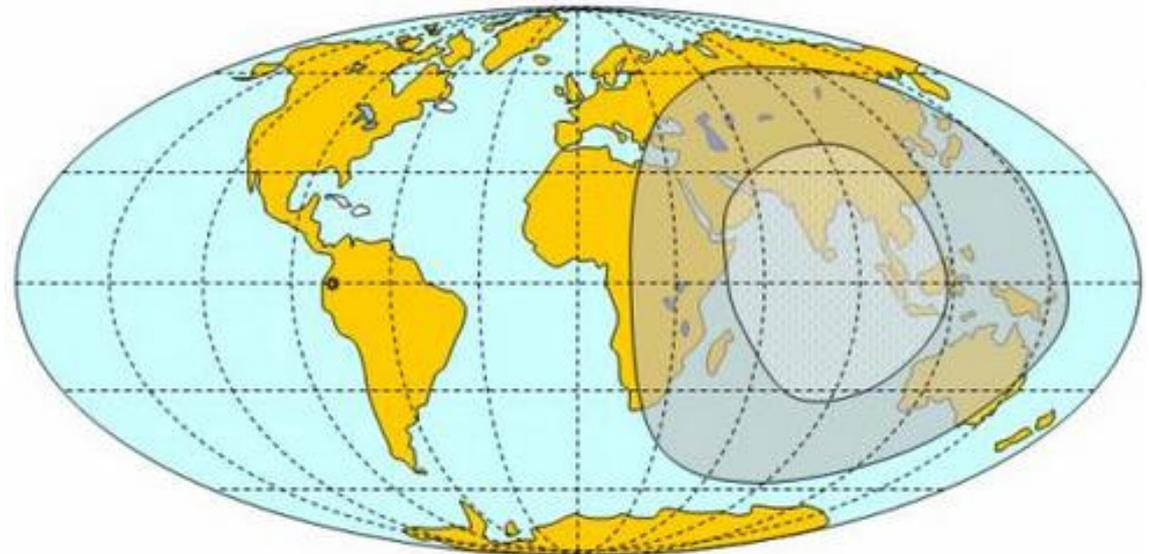
• Rappel des lois de Descartes

Rappel : loi de Descartes et analogie de la propagation des ondes lumineuses et sismiques

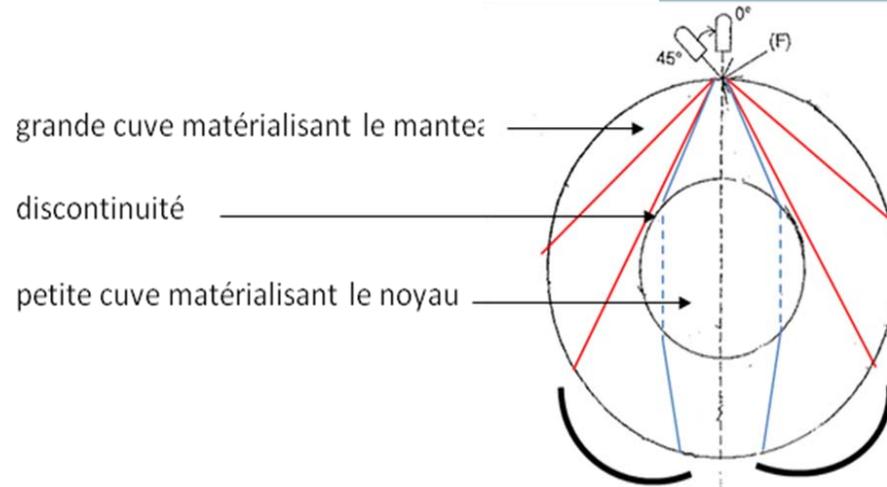


Une onde (sismique ou lumineuse) est déviée quand elle change de milieu : on parle de discontinuité

Schéma de la propagation des ondes dans deux milieux de densités différentes



- absence d'ondes P et d'ondes S
- absence d'ondes S
- épicentre



Ondes directes (dont la dernière)

Ondes réfractées (doublement réfractées)

Zone d'ombre (de 120 degrés à 170 degrés environ)

2900 km de solide sous nos pieds !

Limite de Gutenberg

Aucun mécanisme à l'époque ne peut alors expliquer des mouvements dans du solide

La sismologie rejette les idées de Wegener 1920 (Jeffreys)

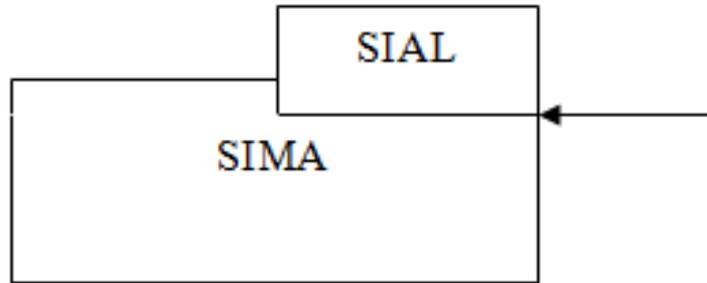
II- L'interprétation actuelle du contraste SIAL-SIMA proposé par Wegener

A- Les apports des données sismiques

Comment l'étude de la propagation des ondes sismique permet de distinguer deux types de croûte terrestre ?

Act 3 : détermination de la profondeur du Moho

Support : Fiche activité Moho- théorème de Pythagore



Moho ??

Si c'est le cas, les roches des fonds océanique sont les mêmes que dans le manteau.

La densité des roches océanique doit être supérieure à celle des roches continentales

B- Les apports de l'observation des roches

Comment les différentes compositions rocheuses des continents et des océans conditionnent leur différence d'altitude ?

Act 4 : Réaliser un protocole afin de calculer la densité de deux roches

Support : éprouvette, eau, basalte et granite, bécher...

Act 5 : Observer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique à la lame mince, les roches des croûtes océanique et continentale et du manteau

Support : Microscope polarisant, planche de détermination des minéraux, échantillon et lames minces de granite, gabbro, basalte et péridotite



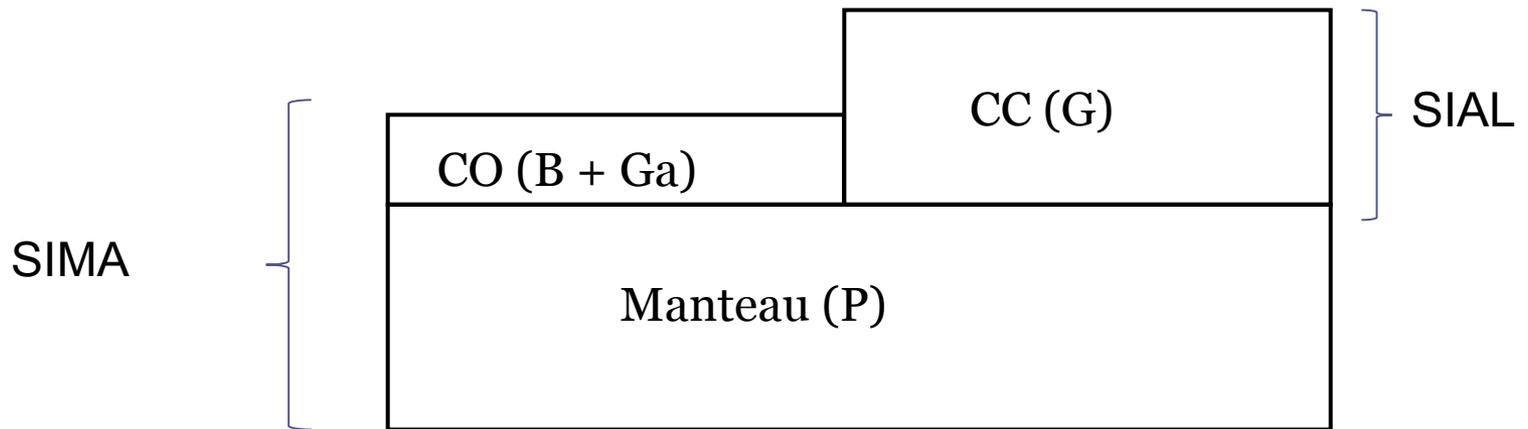
Roches	Granite	Basalte	Gabbro	Péridotite
Caractéristiques				
Structure	Grenue	Microlitique	Grenue	Grenue
Minéralogie	<u>Oz.</u> , <u>Mi.</u> , <u>Fd</u>	<u>Ol.</u> , <u>pyx.</u> , <u>plg</u>	<u>Ol.</u> , <u>pyx.</u> , <u>plg</u>	<u>Ol.</u> , <u>pyx</u>
Densité	2.7	2.9	3	3.2
Lieu	Croûte <u>cont</u>	Croûte oc	Croûte oc	Manteau

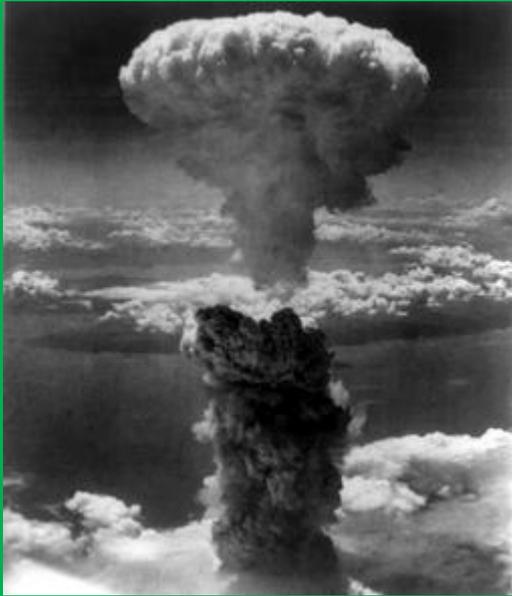
Tableau de comparaison des caractéristiques des roches



Production d'élèves: tableau de comparaison et dessin scientifique

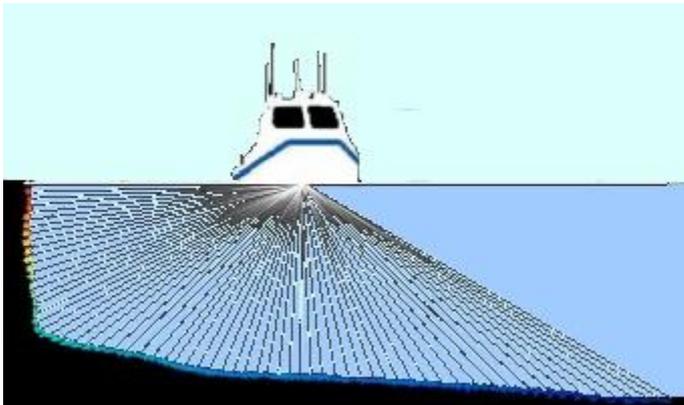
La limite entre la croûte et le manteau est appelée le Moho. Au contraste SIAL/SIMA de Wegener s'est substitué le contraste de deux types de croûtes qui recouvrent le manteau encore plus dense.





Des avancées technologiques durant....

La seconde guerre mondiale et la guerre froide



La tectonique des plaques est née
dans les océans ! Bathymétrie et
l'observation des fonds marins

Montrer la carte des reliefs des fonds
marins

Chapitre 2 : L'établissement du concept de plaques lithosphériques (1945-1968)

Comment la cartographie des fonds marins montre t-elle un découpage de la lithosphère en plaques et leur mobilité les unes par rapport aux autres ?

I- L'hypothèse d'une expansion océanique : la mise en évidence des mouvements de divergence

Comment l'étude des fonds océaniques permet de montrer la divergence au niveau des dorsales océaniques ?

A- Les données topographique et thermique des fonds marins montrant une expansion océanique

Act 1 : Recenser des informations et utiliser Sismolog afin de mettre en évidence des déplacements de chaleur dans le manteau. Modéliser des courants de convection

Support : Sismolog, carte des flux géothermiques, carte des fonds marins, modélisation de la convection (huile)

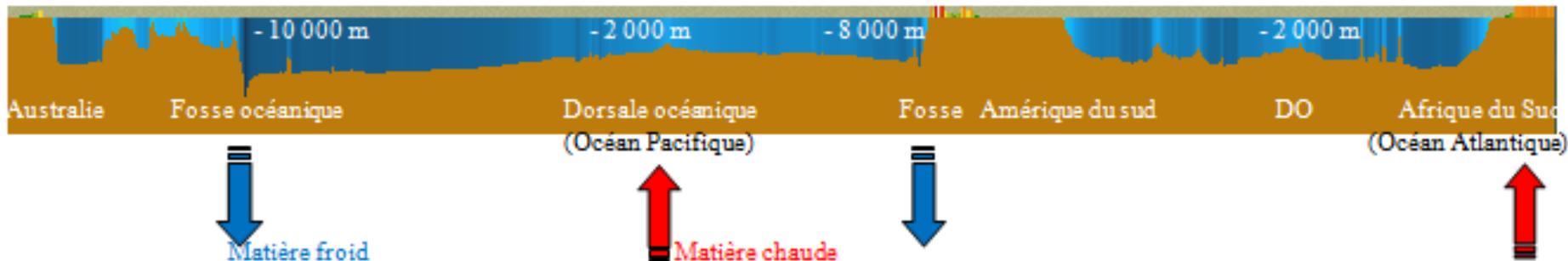
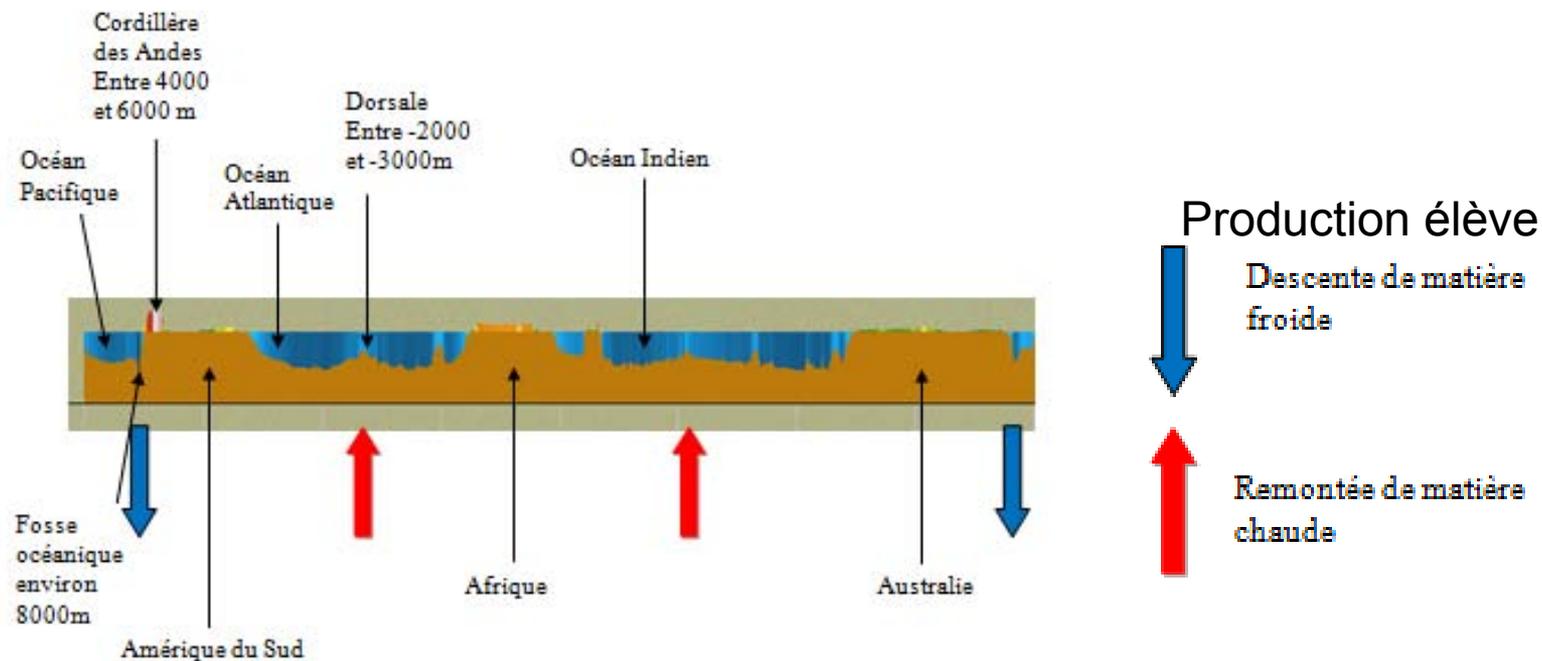
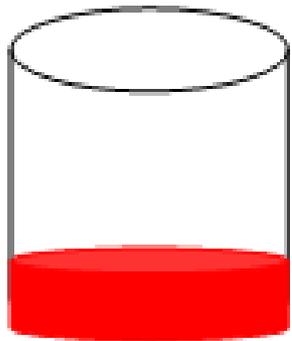


Schéma du profil topographique de la Terre de l'Australie à l'Afrique du sud



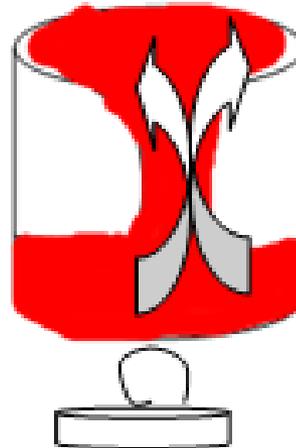
Modélisation des mouvements de convection



+ Froid



+ Chaud



Flux de chaleur transporté par de la matière en mouvement : mouvement de convection

B- Les données magnétiques montrant une expansion océanique

Act 2 : Calculer des taux d'expansion océanique en utilisant les enregistrements des anomalies magnétiques

Support : Aimant et limaille de fer, basalte et aiguille monté. Document point de Curie. Répartition des inversions magnétiques de part et d'autre de la dorsal océanique

Idée du double tapis roulant confirmée en 1962

II- Le concept de lithosphère et d'asthénosphère : mise en évidence des mouvements de convergence

Comment l'étude des mouvements de convergence permet d'établir le concept de plaque lithosphérique ?

A- La répartition des foyers sismiques au niveau des fosses océaniques

Act 3 : Tâche complexe-Utiliser un logiciel afin de mettre en évidence la répartition des foyers sismiques dans une zone de subduction

Support : logiciel Sismolog et sa fiche technique

- Tâche complexe :
- En utilisant vos connaissances et le logiciel Sismolog, **montrer** que de la lithosphère rigide et cassante (100 Km d'épaisseur) se situe dans le manteau asthénosphérique au niveau des fosses océaniques.
- **Production attendue** : schéma numérique du mécanisme et un texte explicatif.

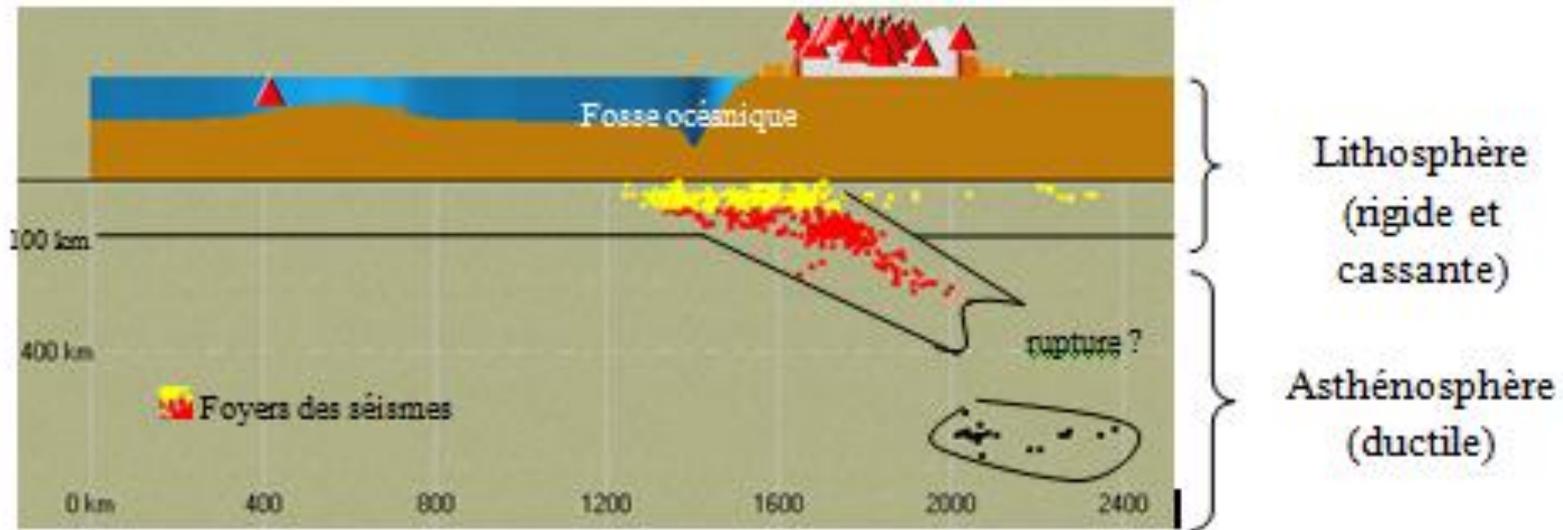
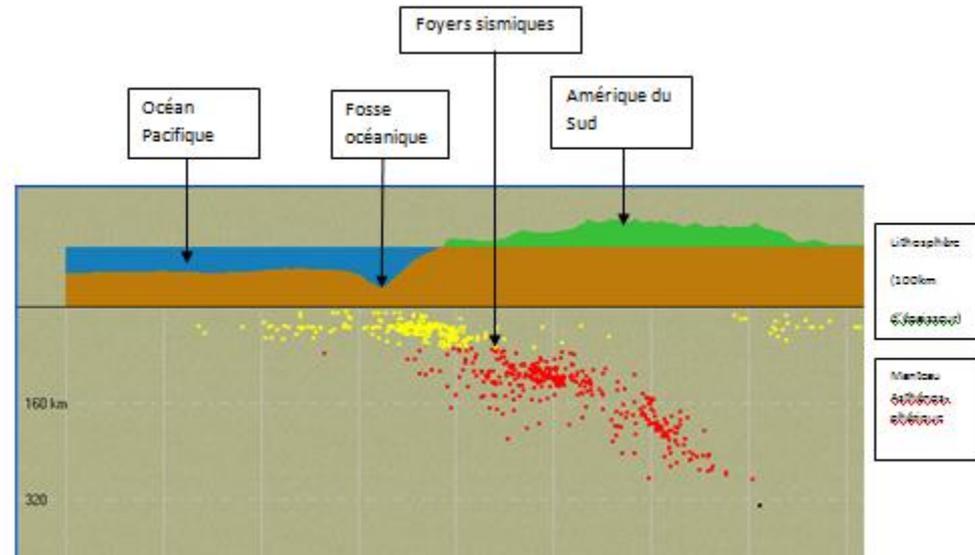


Schéma de la répartition des foyers sismiques d'une zone de subduction

Exemples de productions d'élèves



Evaluation de l'utilisation de Sismolog et de la présentation numérique

Critères d'évaluation	Capacités
Choix de la zone étudiée (zone de subduction)	Utiliser des techniques
Affichage des séismes	
Coupe de la zone étudiée (perpendiculaire à la fosse et passant par les 3 types de séismes) + affichage échelle 1:1	
Mise en page: position de l'image, traits de légende, soin	Utiliser un mode de représentation
Vocabulaire scientifique : Lithosphère, asthénosphère, cassante, ductile, foyers sismiques	
Limite Lithosphère/asthénosphère tracée	
Titre adapté et mis en évidence	
Commentaire argumenté (relation profondeur des foyers et distance à la fosse + interprétation)	Appliquer une démarche explicative

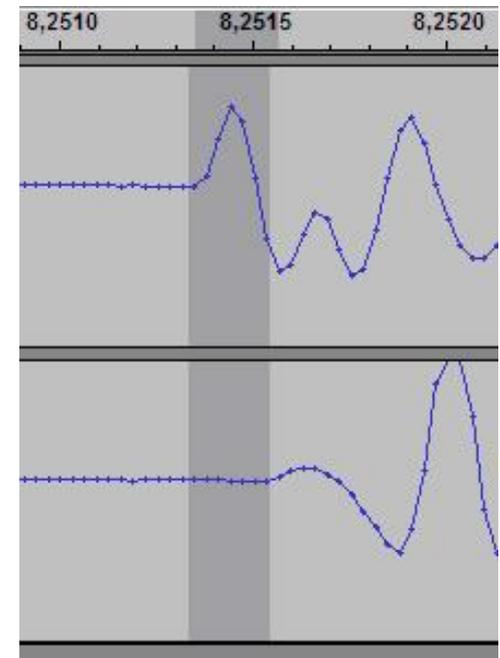
B- La différence entre la lithosphère et l'asthénosphère

Comment peut-on expliquer cette différence de comportement entre lithosphère et asthénosphère ?

Act 4 : Réaliser un protocole afin de mesurer la vitesse de propagation des ondes sismiques afin de montrer l'influence de la T° et/ou de la nature de la roche

Support : logiciel audacity, capteurs piézométriques, fichier Excel

- 1967: On arrive à l'établissement du concept de plaques lithosphériques rigides d'une épaisseur de 100 km qui reposent sur l'asthénosphère ductile. La séparation équivaut à l'isotherme 1300°C



III- Un premier modèle global : une lithosphère découpée en plaques rigides

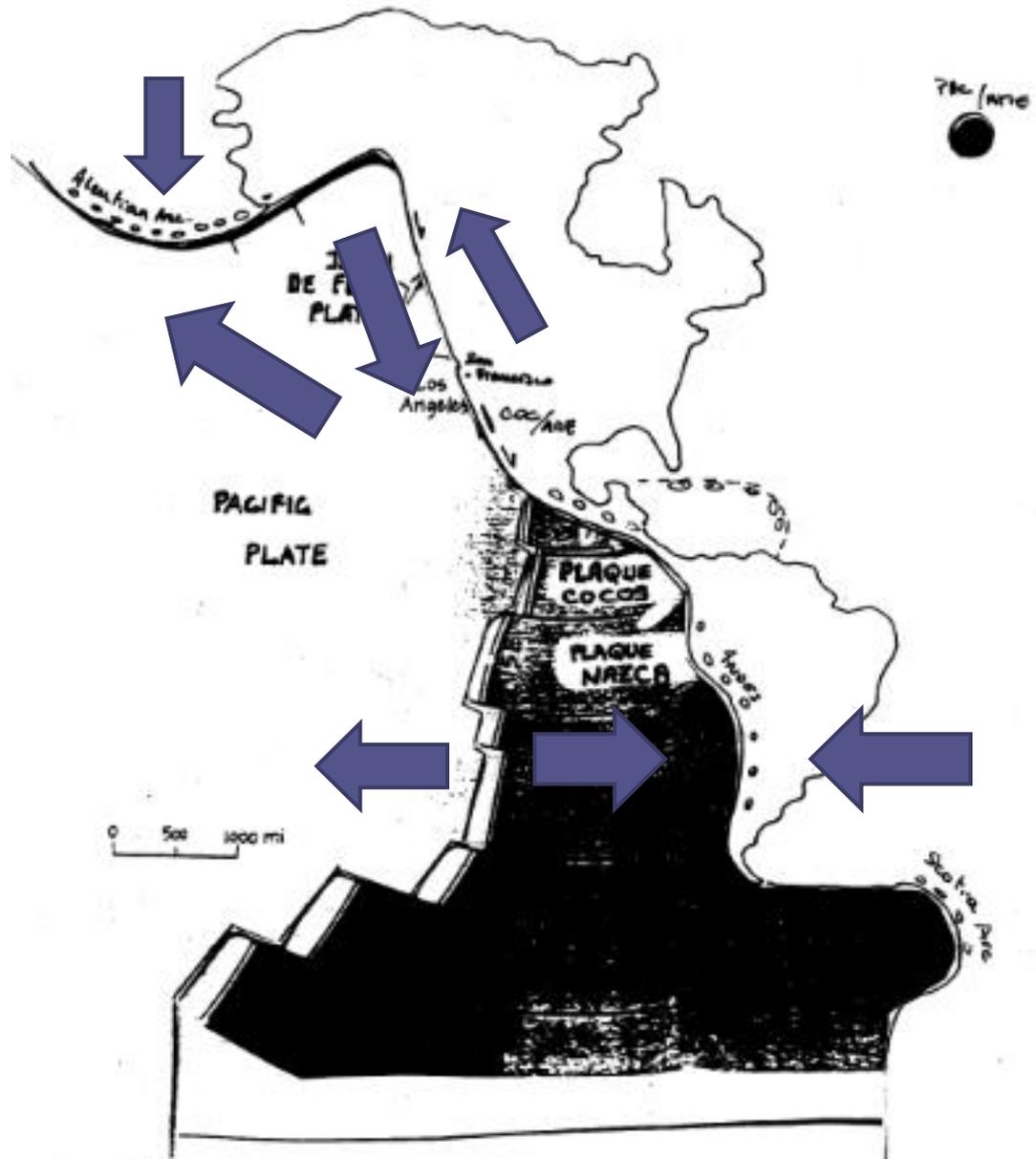
A- Les limites de plaques : différents types de failles

Quels sont les mouvements aux limites de plaques ?

Act 5 : Recenser, extraire et organiser des informations afin de comprendre que les mouvements des plaques sont des rotations de pièces rigides se déplaçant sur une sphère

Support : Carte des fonds marin, globe et modèle alu plaque ou plastifiée avec attache parisienne.

- Explication failles normales, inverses, transformantes
- Modélisation de la rotation d'une plaque sur un globe autour de son axe eulérien



B- Les alignements d'îles volcaniques

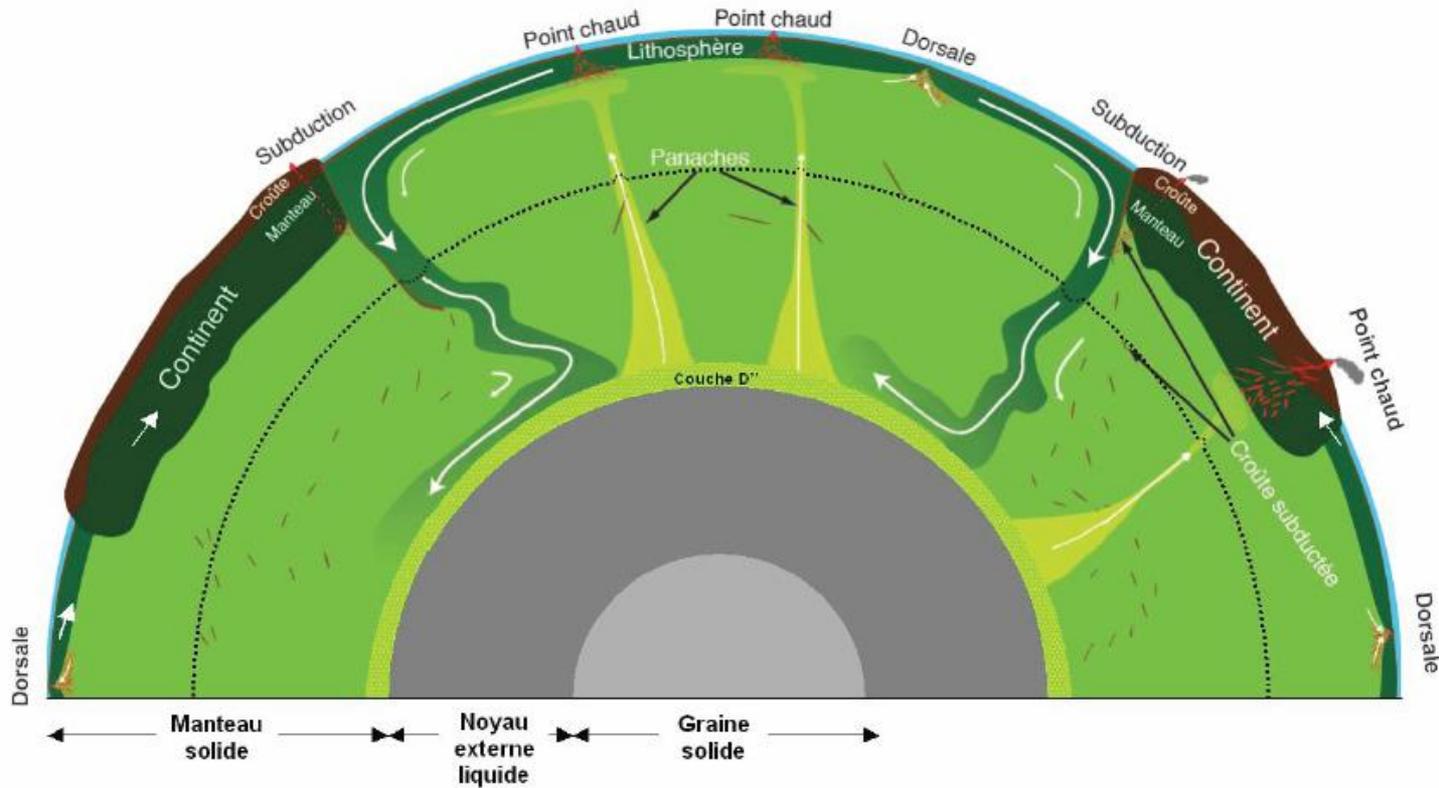
Comment peut-on avoir des volcans au milieu des plaques alors que selon le modèle, ceux-ci ne devraient se situer qu'à leurs limites ?

Act 6 : Calculer et comparer la vitesse de déplacement des plaques à partir de l'alignement des points chauds et comparer avec celles déterminées à l'aide des anomalies magnétiques.

Support : Alignement Hawaï

Une contradiction ne détruit pas le modèle mais l'enrichit

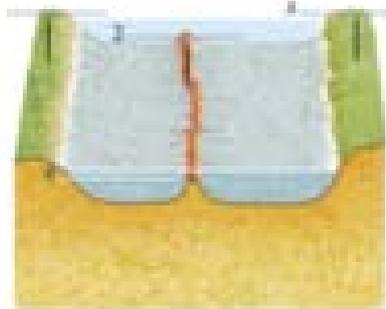
Modèle actuel



Modèle actuel simplifié de la tectonique des plaques.

Labrosse S., in Pour la Science, dossier La Terre à cœur ouvert, 2010

Que prédit le modèle concernant l'évolution de l'âge de la lithosphère océanique par rapport à l'axe de la dorsale océanique ?



Par quelle méthode peut on
actuellement mesurer le déplacement
des plaques ?



Chapitre 3 : La tectonique des plaques :
mouvements et renouvellement de la lithosphère
océanique

2 sem

Comment les mesures actuelles permettent-elles de confirmer les prédictions du modèle établi ?

Comment la lithosphère océanique est-elle en permanence renouvelée ?

I- Des âges et des déplacements mesurés

Comment mesurer le déplacement des plaques ?

A- Les apports de l'étude de l'âge des sédiments marins

Act 1 : Saisir et exploiter des informations sur cartes (réaliser des calculs de vitesses selon différentes époques, différentes latitudes et selon les océans, modéliser)

Support : Document montrant les forages sous-marin JOIDES effectués, carte de l'âge des fonds marins.

- Expliquer comment on obtient l'âge des basaltes (1^{er} sédiment en contact avec la croûte)
- Calculer dans différents océans, sur différentes latitudes et selon différentes époques

• **Calculer** la vitesse d'expansion océanique pour :

Atlantique nord : 5.1 cm.an-1

Pacifique : 9.4 cm.an-1

Atlantique central : 3.8 cm.an-1

Atlantique sud : 5 cm.an-1

Crétacé Atlantique centre : 3.7 cm.an-1

Oligocène Atlantique centre : 2.6 cm.an-1

• **Montrer** que le résultat coïncident avec le modèle établi

La vitesse change selon les latitudes expliquant les failles transformantes. Plus la croûte est éloignée de l'axe des dorsales, plus elle est vieille. Pas de croûte océanique au-delà de 180-200 Ma donc il y a un renouvellement. Valeur compatible avec celles déterminées par l'étude du paléomagnétisme et des points chauds.

B- Les apports des données GPS

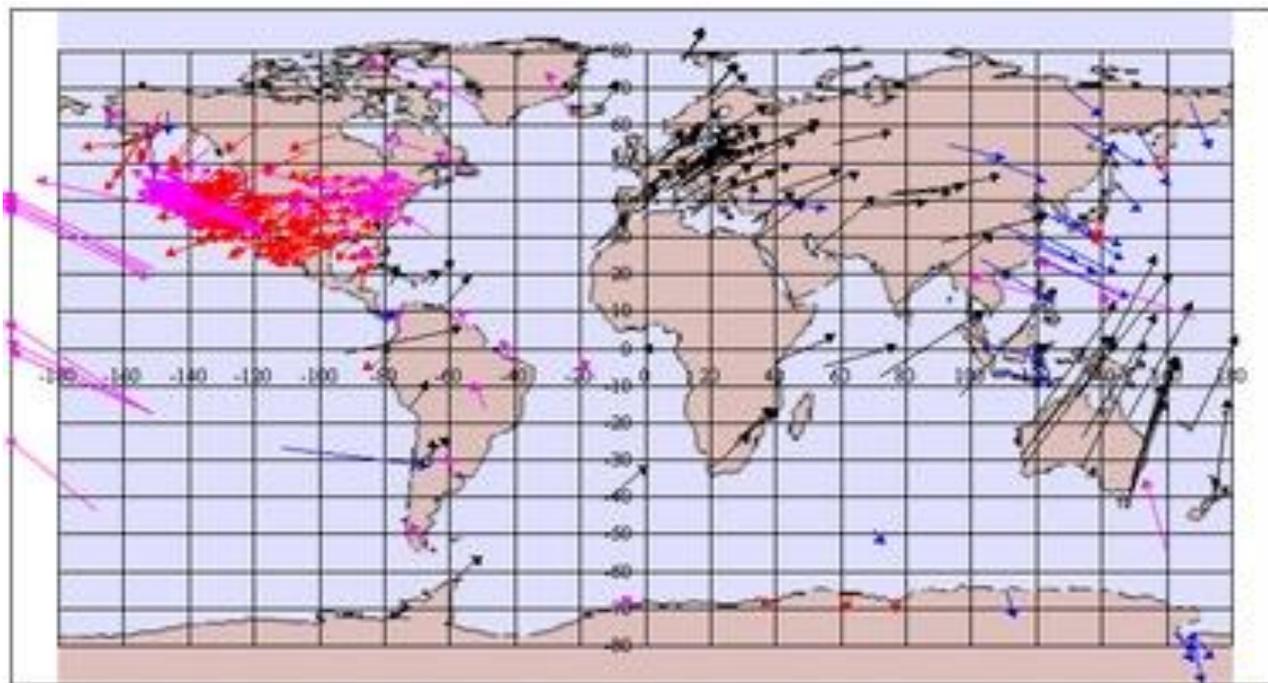
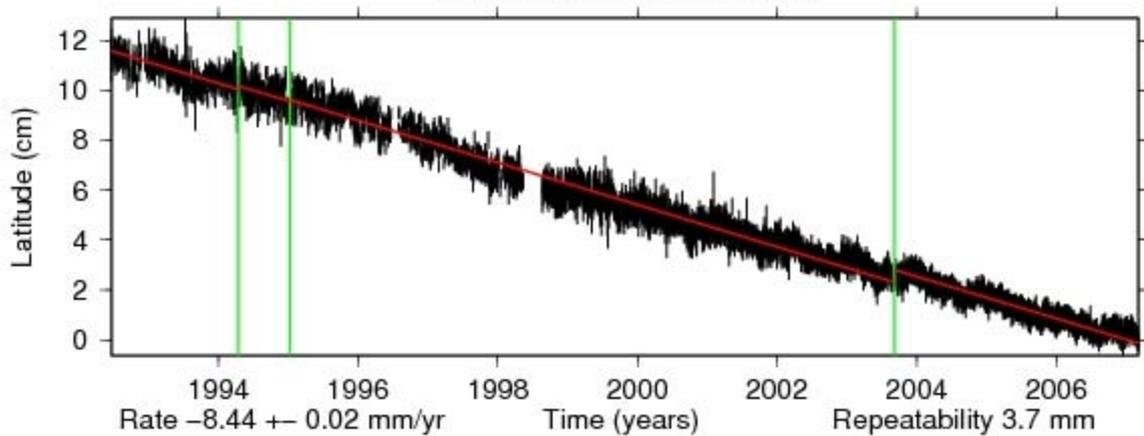
Act 2 : Utiliser des mesures GPS afin de tracer des vecteurs de déplacement des palques

Support : GPS, site internet NASA
(<http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>), une carte de la répartition des balises GPS.

Faire tracer des vecteurs

Discussion des mouvements relatifs et absolus

Time series for ALBH.



II- Le renouvellement de la lithosphère océanique

Comment la lithosphère océanique est-elle en permanence renouvelée ?

A- Disparition de la lithosphère océanique âgée

Act 3 : Recenser, extraire et organiser des informations sur des tomographies sismiques afin de montrer le renouvellement de la lithosphère océanique

Support : tomographie sismique dans le manteau

B- Formation de la nouvelle lithosphère océanique

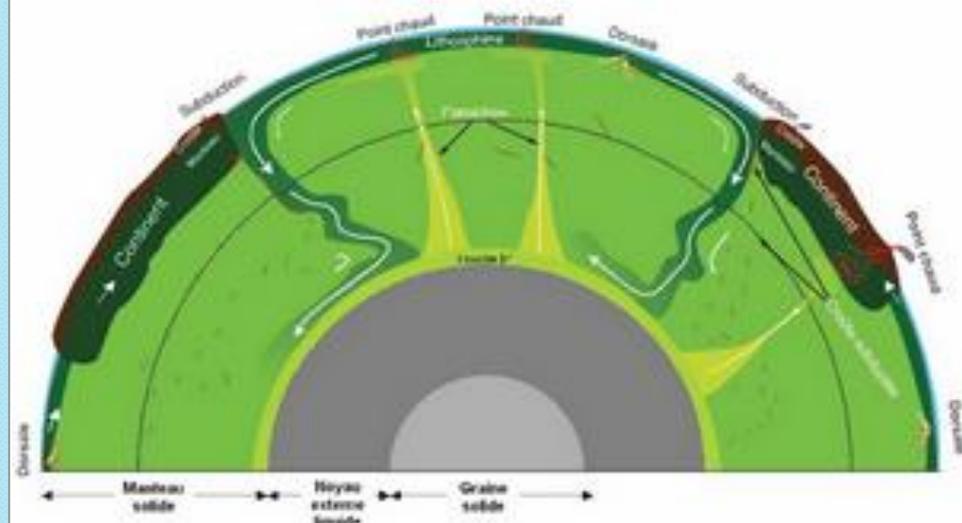
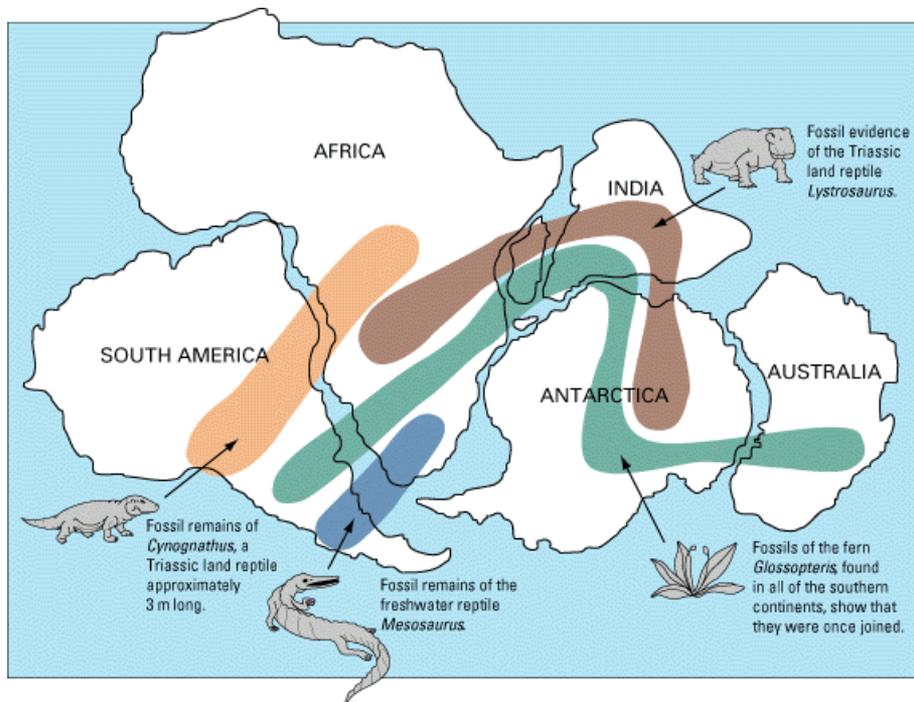
Act 4 : Recenser, extraire et organiser des informations pour établir les liens entre amincissement de la lithosphère, remontée, dépressurisation et fusion partielle de l'asthénosphère sous-jacente

Support: Graph PT solidus géotherme

Act 5 : Réaliser un protocole afin de comprendre l'origine des deux roches de la lithosphère océanique

Support : Vanilline, glaçon, microscope polarisant...

Que de chemin parcouru depuis Wegener...et encore tant de choses à découvrir



Du fixisme à la dérive des continents pour arriver à la tectonique des plaques puis

