

## Thème 1B La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle

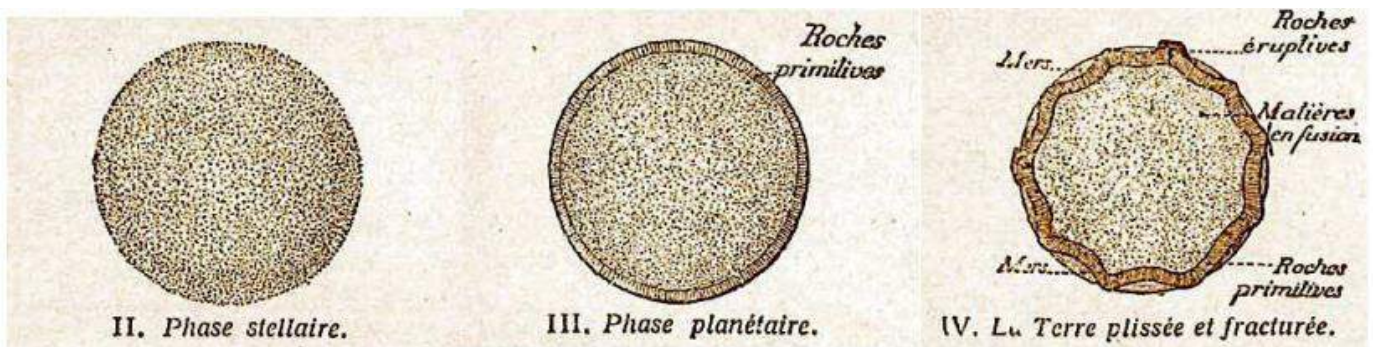
## Échelle des temps géologiques - échelle stratigraphique

Ere		Syst.	Série	Etage	Âge	Ere		Syst.	Série	Etage	Âge
CENOZOÏQUE (Tertiaire + Quaternaire)	Quat.		Pléistocène \ Holocène		2,58	PALÉOZOÏQUE (Primaire)	Permien	Lopingien	Changhsingien	252,17	
			Pliocène		3,6				Wuchiapingien	254,14	
			Néogène	Miocène	Zanclien			5,33	Capitanien	259,8	
	Messinien	7,25			Wordien			265,1			
	Tortonien	11,62			Roadien			268,8			
	Serravalien	13,82			Kungurien			272,3			
	Langhien	15,97						283,5			
	Burdigalien	20,44						290,1			
	Paléogène	Oligocène	Aquitanien	23,0	Artinskien			295,0			
			Chattien	28,1	Sakmarien			298,9			
			Rupélien	33,9	Assélien			303,7			
		Eocène	Priabonien	38,0	Gzhélien			307,0			
			Bartonien	41,3	Kasimovien		315,2				
			Lutétien	47,8	Moscovien		323,2				
	Paléocène	Paléocène	Yprésien	56,0	Bashkirien		330,9				
			Thanétien	59,2	Serpukhovien		346,7				
			Sélandien	61,6	Viséen		346,7				
	MÉZOZOÏQUE (Secondaire)	Crétacé	Supérieur	Danien	66,0		Mississipien	Tournaisien	358,9		
				Maestrichtien	72,1			Famennien	372,2		
				Campanien	83,6			Frasnien	382,7		
				Santonien	86,3			Givétien	387,7		
				Coniacien	89,8			Eifélien	393,3		
				Turonien	93,9			Emsien	407,6		
			Cénomanien	100,5	Praguien		410,8				
			Inférieur	Albien	113,0		Lochkovien		419,2		
				Aptien	125,0		Pridoli	423,0			
				Barrémien	129,4		Ludlow	425,6			
				Hauterivien	132,9		Wenlock	427,4			
				Valanginien	139,8		Homérien	430,5			
		Berriasien		145,0	Sheinwoodien		434,3				
		Jurassique	Supérieur	Tithonien	152,1		Télychien	438,5			
				Kimméridgien	157,3		Aéronien	440,8			
				Oxfordien	163,5		Rhuddanien	443,4			
			Moyen	Callovien	166,1		Hirnatien	445,2			
				Bathonien	168,3		Katien	453,0			
Bajocien				170,3	Sandbien	458,4					
Inférieur			Aalénien	174,1	Darriwilien	467,3					
			Toarcién	182,7	Dapingien	470,0					
			Pliensbachien	182,7	Floien	477,7					
			Sinemurien	190,8	Trémadocien	485,4					
			Hettangien	199,3	Etage 10	489,5					
			201,3	Jiangshanien	494,0						
Trias		Supérieur	Rhétien	208,5	Paibien	497,0					
			Norien	227,0	Guzhangien	500,5					
			Carnien	237,0	Drumien	504,5					
		Moyen	Ladinien	242,0	Etage 5	509,0					
			Anisien	247,2	Etage 4	514,0					
			Olenékien	251,2	Etage 3	521,0					
		Inférieur	Induen	252,17	Etage 2	529,0					
			Terreneuvien	Fortunien	541,0						
				Carbonifère	Supérieur	Fortunien	541,0				
Viséen		346,7									
Tournaisien	358,9										
Moyen	Famennien	372,2									
	Frasnien	382,7									
	Givétien	387,7									
Inférieur	Emsien	393,3									
	Praguien	407,6									
	Lochkovien	410,8									
Dévonien	Supérieur	Pridoli	423,0								
		Ludlow	425,6								
		Wenlock	427,4								
	Moyen	Homérien	430,5								
		Sheinwoodien	434,3								
		Télychien	438,5								
	Inférieur	Aéronien	440,8								
		Rhuddanien	443,4								
		Hirnatien	445,2								
	Silurien	Supérieur	Katien	453,0							
			Sandbien	458,4							
			Darriwilien	467,3							
Moyen		Dapingien	470,0								
		Floien	477,7								
		Trémadocien	485,4								
Inférieur		Etage 10	489,5								
		Jiangshanien	494,0								
		Paibien	497,0								
Ordovicien		Supérieur	Guzhangien	500,5							
			Drumien	504,5							
			Etage 5	509,0							
	Moyen	Etage 4	514,0								
		Etage 3	521,0								
		Etage 2	529,0								
	Inférieur	Fortunien	541,0								

## I/ : La dérive des continents, la naissance de l'idée de la tectonique des plaques

Jusqu'au début du XXe siècle, les géologues (à quelques exceptions près) attribuent aux continents une position fixe et immuable, les montagnes seraient dues au refroidissement de la Terre selon un effet de pomme fripée. Edouard Suess était un géologue autrichien (1831-1914) Pour lui, le refroidissement de la Terre aurait entraîné une diminution de son volume, donc de sa surface.

Celle-ci aurait donc été mise sous compression, ce qui aurait été à l'origine et des chaînes de montagnes, et des vastes dépressions que constituaient les océans.



Mais en 1912, Alfred Wegener remet cette vision en cause dans un article intitulé « La translation des continents » : ce scientifique suggère pour la première fois un déplacement horizontal des continents à la surface de la Terre. Il publiera un livre en 1915 intitulé « La genèse des continents et des océans » (*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*).

*Quels sont les arguments de Wegener en faveur du déplacement horizontal des continents à la surface de la Terre ?*

### TP1 : La naissance de l'idée de la tectonique des plaques : La dérive des continents

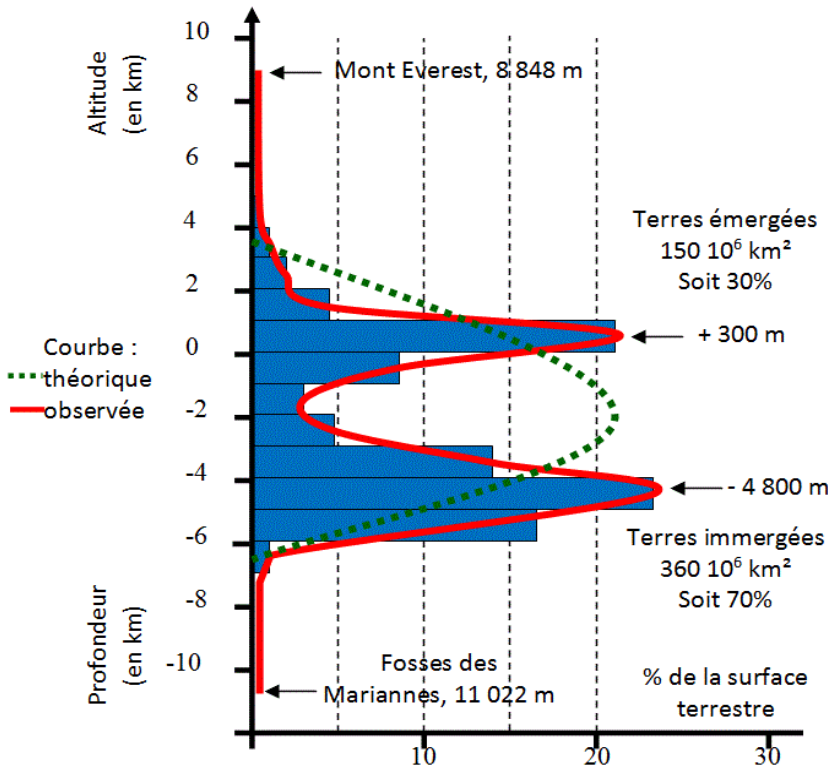
**Mots à placer :** *Glossopteris, Mesosaurus, Pangée, altitudes, calotte glaciaire, côtes, déplacement, fossiles, glaciation, milieu solide, mise en mouvement, mobilité horizontale, position fixe, reliefs terrestres, roches, solide.*

Au début du XXème siècle, les premières idées évoquant la ..... des continents apparaissent grâce notamment à Alfred Wegener.

### A/ Les arguments de la dérive des continents

#### 1. Les arguments géographiques

Distribution bimodale des altitudes.



Si la théorie d'une contraction de la Terre suite à son refroidissement était exacte, comme l'indiquait Eduard Suess, elle se traduirait par l'existence d'affaissements et de soulèvements aléatoires de la croûte terrestre. L'analyse statistique des reliefs à la surface du globe devrait alors révéler une distribution des altitudes de nature "moyenne", gaussienne (voir courbe théorique). Mais ce n'est pas le cas (voir courbe observée).

Voici ce qu'en dit A. Wegener dans son livre "La genèse des continents et des océans", paru en 1912.

« La statistique des surfaces terrestres de même altitude met en lumière le fait curieux que l'écorce du globe présente deux niveaux nettement prédominants entre lesquels les surfaces d'altitude moyenne sont une minorité.

De ces deux altitudes, la plus élevée répond aux aires continentales, la plus basse aux domaines abyssaux. Pour s'en rendre compte, il suffit de diviser la surface du globe en kilomètres carrés et de classer ces derniers par rang d'altitude.

En portant en abscisses les surfaces et en ordonnées les altitudes on obtient une courbe connue sous le nom de courbe hypsographique. »

Sur ce graphique, on observe la distribution bimodale des ..... à la surface de la Terre (continents/océans). On observe que :

- plus de 20 % des terres immergées ont une altitude moyenne de - 4000 à - 4500 m (plaines abyssales)

- plus de 20 % des terres émergées ont une altitude moyenne de 0 à 500 m (plaines et plateaux).

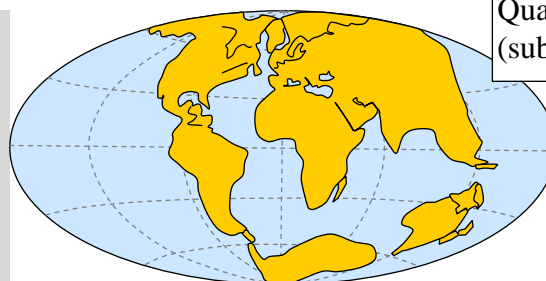
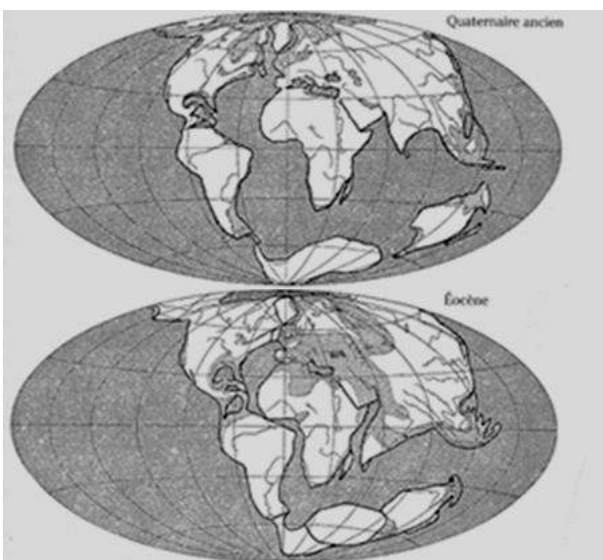
Or, d'après les calculs, l'altitude théorique devrait être en moyenne de - 2000 m.

Wegener conclut que les continents (SiAl) et les sols sous-océaniques (SiMa) constituent deux couches distinctes de l'écorce terrestre qui se comportent - en grossissant un peu notre image - comme des icebergs tabulaires et l'eau qui les baigne ».

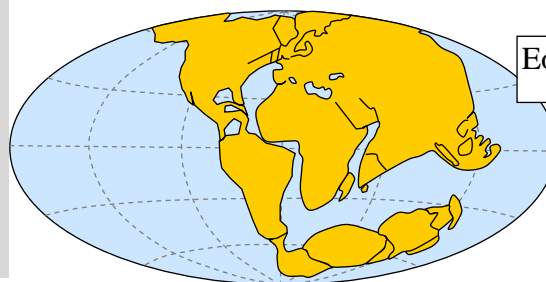
Les tracés complémentaires des ..... des continents (Afrique/ Amérique du Sud) sont des arguments en faveur de la dérive des continents.

Arguments Wegener (1912) : de la Pangée à l'actuel, modèle de la dérive des continents

Dessins Word d'après originaux de Wegener repris dans le Wikisource

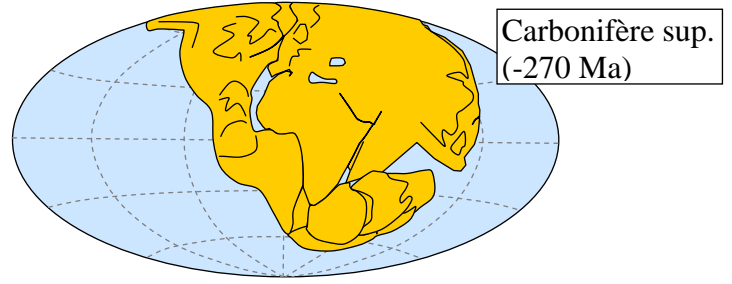
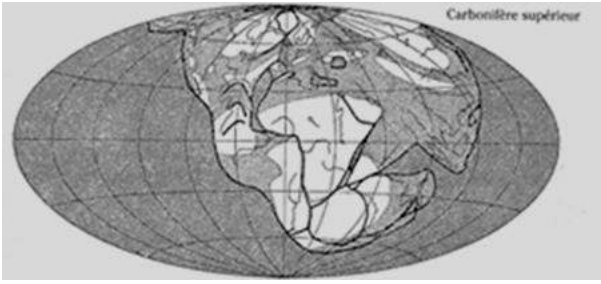


Quaternaire ancien (sub-actuel)



Éocène (-50 Ma)

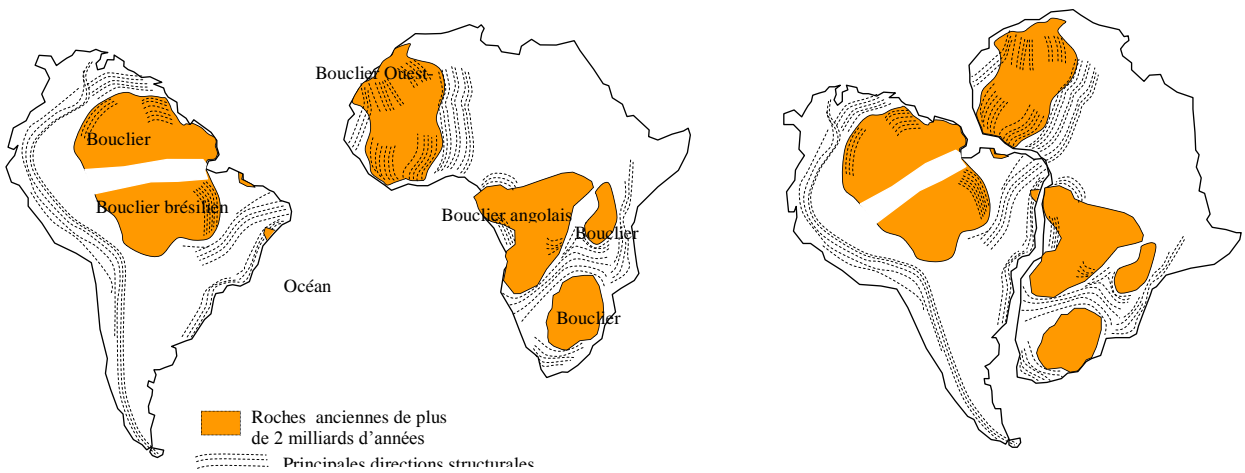




2. Les arguments pétrographiques

On retrouve en Afrique et Amérique du Sud des ..... similaires vieilles de plus de 2 Milliards d'années. Ex : Roche du bouclier guyanais dans la grande Sabana (Cratons)

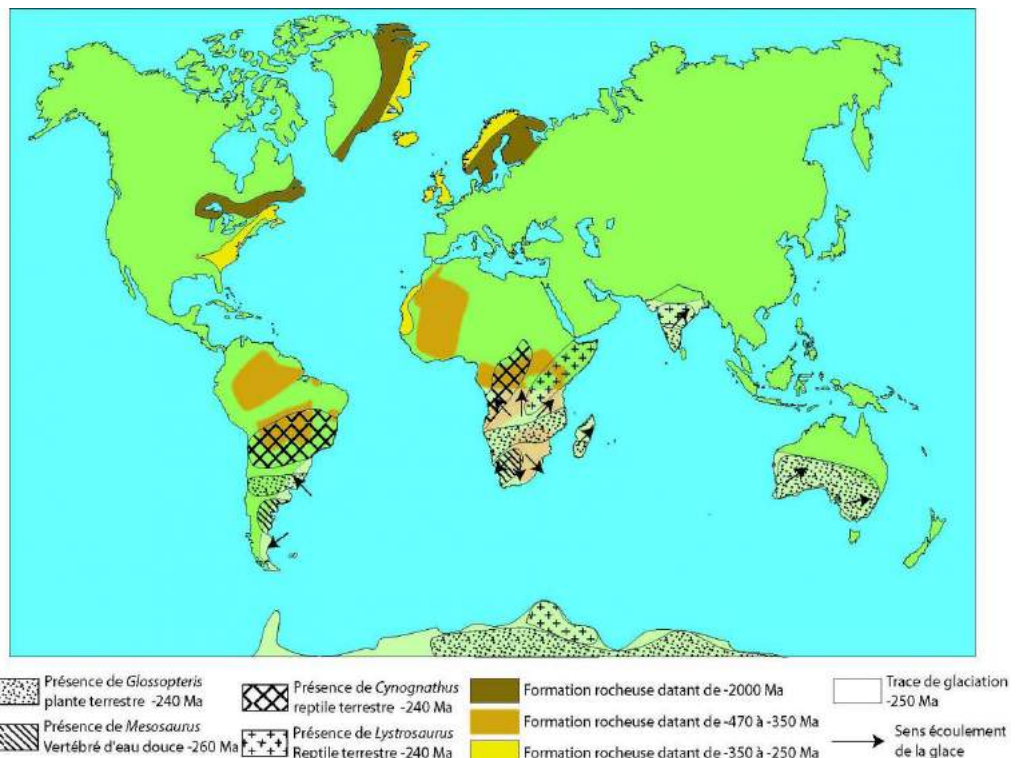
Arguments- structures géologiques : les traces sur les continents actuels- Wegener et A. Du Toit-d'après compilations diverses.



3. Les arguments paléontologiques

On retrouve en Afrique et Amérique du Sud des analogies de faune et de flore dans le passé suite à la découverte de ..... similaires d'espèces d'animaux (.....) et de végétaux (.....) datés de plus de 240 Ma.

Carte du monde d'après Wegener



#### 4. Les arguments paléoclimatiques

On observe, sur certaines portions des continents actuels, des marques de ..... datant d'il y a 250 millions d'années, indiquant que ces portions de continents ont été recouvertes par une ..... . Il est très improbable qu'il ait pu y avoir glaciation sur des continents se trouvant dans la zone tropicale (sud de l'Afrique, Inde).

#### Carte des glaciations Permo-carbonifères

A quel modèle conduisent ces arguments ?

#### B/ L'idée de la Pangée

La vision des translations continentales de Wegener le conduit à évoquer l'existence de la..... Les continents, autrefois réunis en une seule masse continentale, se seraient dispersés jusqu'à atteindre leur position actuelle. Il lie l'orogénèse au ..... des continents, ce qui lui permet de donner une explication des .....

Comment expliquer le rejet de la théorie de la dérive des continents par la communauté scientifique de l'époque ?

#### C/ Le rejet de la théorie de la dérive des continents par la communauté scientifique

#### Présentation des arguments contradictoires à la théorie de la dérive des continents

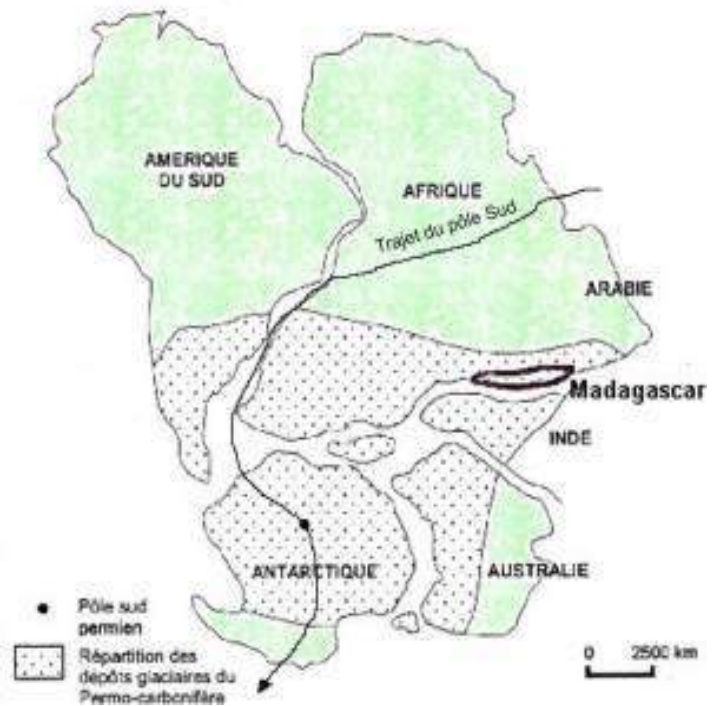
Énoncer les deux principales raisons du rejet de la théorie de la dérive des continents par la communauté scientifique de l'époque.

Les idées de Wegener ont été accueillies généralement avec hostilité. Des mesures géodésiques effectuées par Wegener semblaient indiquer une dérive du Groenland vers l'ouest par rapport à l'Europe (mesures obtenues par positionnement astronomique ou par différence des temps de transmission radio). En fait, on se rendra compte plus tard que ces mesures étaient fausses.

**Lambert 1921** : " Évidemment tout cela est pure spéculation : l'hypothèse fondamentale est celle de socles continentaux supportés par un magma qui serait un liquide visqueux, mais visqueux dans le sens de la théorie classique de la viscosité des fluides. D'après cette théorie, un liquide, quelle que soit sa viscosité, cédera à une force si petite soit-elle, pourvu que le temps de l'action de celle-ci soit suffisamment long... »

**Jeffreys 1924** : " Une autre hypothèse impossible est fondée sur la conception que la Terre est dénuée de toute résistance à la déformation. Cette hypothèse affirme qu'une petite force peut non seulement provoquer des mouvements indéfiniment grands, à condition qu'elle dispose d'une durée suffisante...La supposition selon laquelle la Terre pourrait être déformée indéfiniment par de petites forces à la seule condition que celles-ci agissent longtemps, est donc une supposition très dangereuse, qui peut conduire à des erreurs graves ".

**Jeffreys 1929** : " Il n'y a par conséquent pas la moindre raison de croire que des déplacements en bloc de



continents à travers la lithosphère soient possibles... Les lois physiques ne permettent pas le déplacement des continents. Les forces invoquées par M. Wegener comme un changement de vitesse de rotation de la Terre due à l'attraction lunaire et ses conséquences comme les marées sont ridiculement inadéquates. Une dérive séculaire des continents, telle qu'elle a pu être soutenue par A. Wegener et autres, est hors de questions".

**Termier en 1930 :** " C'est un beau rêve, le rêve d'un grand poète. Mais essaye-t-on de l'étreindre, on s'aperçoit n'avoir dans les bras que de la vapeur, de la fumée. Elle attire, elle intéresse, elle amuse l'esprit, mais la solidité lui manque".

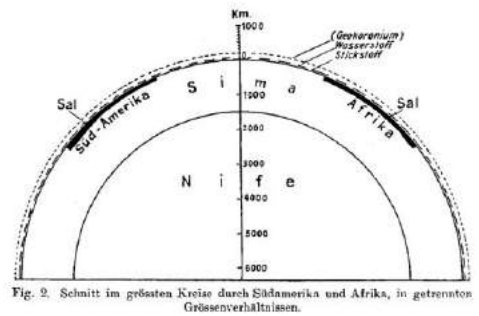
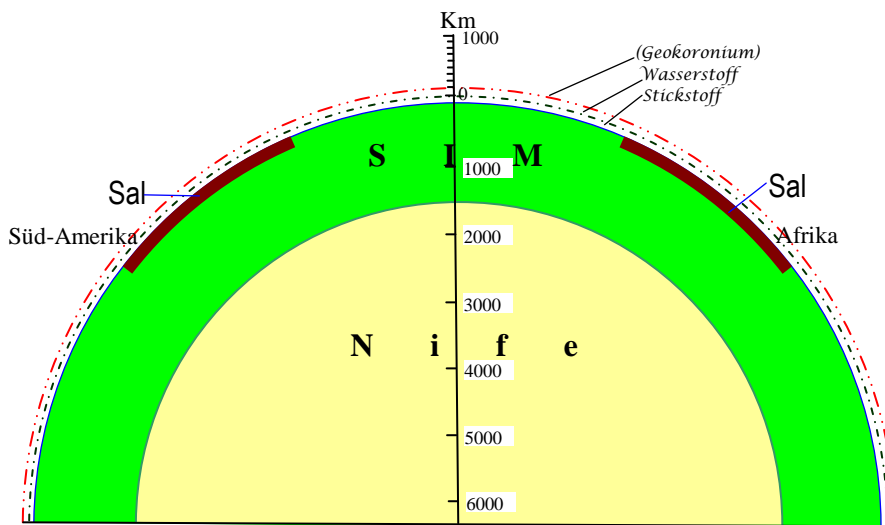
La controverse fait fureur et pendant une quinzaine d'années, le monde de la géologie est divisé en partisans et adversaires de la dérive continentale. Après la mort prématurée de Wegener dans une tempête de neige au Groenland, l'idée perd son plus ardent défenseur et la controverse s'atténue considérablement, avant de tomber dans l'oubli. Pour expliquer les ressemblances entre les fossiles retrouvés de part et d'autres des océans, Suess pense que ces continents étaient réunis autrefois en un seul continent et que les bassins océaniques actuels résultent d'affaissements de la croûte continentale qui ont permis l'invasion marine.

- On trouve la première allusion à une séparation des continents bordant l'Atlantique dans un ouvrage de Snider-Pellegrini ("*La création et ses mystères dévoilés*", 1858). Snider est un tenant des anciennes théories catastrophistes selon lesquelles les continents se sont formés d'un seul côté de la planète lors de son refroidissement et ont émigré à leur place actuelle après le déluge. Il en donne pour preuve la similitude des côtes d'Afrique et d'Amérique du Sud.
- Darwin émet l'idée en 1879 d'un mouvement latéral des continents et d'un morcellement de la croûte après son refroidissement. L'extraordinaire quantité d'énergie nécessaire à ce déplacement proviendrait de l'arrachement, dans la région du futur océan Pacifique, d'un énorme morceau de croûte terrestre qui devait donner naissance à la Lune. Cette idée persiste jusqu'au début du XXe siècle.
- Fisher est le premier à faire mention, dans son traité "*Physics of the Earth's Crust*" de l'existence supposée de courants de convection dans l'intérieur de la Terre. Ces courants, ascendants sous les océans et descendants sous les continents seraient les moteurs de la dérive des continents.
- La première hypothèse cohérente de la dérive des continents est formulée par l'Américain F.B. Taylor. Dans un long article publié en 1910, il essaie d'expliquer l'orogénèse. Selon lui, l'hypothèse de la contraction de la Terre ne suffit pas à expliquer de manière satisfaisante la répartition et la jeunesse de certaines chaînes de montagnes. Il propose une sorte de fluage de la croûte terrestre depuis le nord jusqu'au sud de l'Asie. Ces mouvements auraient créé l'Himalaya et le Pamir en se heurtant à la péninsule indienne. A l'est, les chaînes plissées auraient pu descendre librement jusqu'en Malaisie et en Indonésie. Les chaînes d'Europe, orientées de façon plus complexe, seraient expliquées par l'exiguïté du territoire, la présence de montagnes anciennes et par des poussées tangentielles venues de l'est et du bloc africain. Au sujet de la dorsale médio-atlantique, Taylor pense y trouver la ligne de rupture entre l'Afrique et l'Amérique du Sud. Contrairement à Wegener, Taylor n'apporte pas de preuves à son hypothèse: ceci explique, au moins partiellement, le peu de retentissement de sa théorie.

La théorie de la dérive rencontre une difficulté : celle de savoir comment cette ..... est possible. La question des forces causales (les marées, les forces de gravité, la poussée d'Archimède, les forces de rotation...) est le point faible de la théorie, sur lequel vont s'appuyer tous les contradicteurs de Wegener, oubliant tous les autres bénéfiques de la théorie. La difficulté provient de la sismologie, qui a démontré au début du XXe siècle que le globe est entièrement ..... jusqu'à une profondeur de 2900 km : comment les continents pourraient-ils se déplacer au sein d'un..... ?

### Coupe schématique de la Terre selon Alfred Wegener

Redessiné d'après <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-derive-continent-wegener.xml#derive-continent-wegener>



Les continents de sal (ou sial) reposent sur une couche plus dense de sima. La Terre contient un noyau de NiFe.

Source : « Die Entstehung der Kontinente », Geologische Rundschau, 3, 1912, p. 279

S'il est indéniable qu'Alfred Wegener (1880-1930) est le véritable auteur de la théorie de la dérive continentale, la synthèse de Wegener était décidément trop précoce, les connaissances sur le globe encore trop partielles.

Quelles sont les forces qui déplacent les continents ?

## II/ Caractérisation des croûtes et du manteau terrestres

### TP2 : Mise en évidence de la croûte et du manteau

Au cours de la première moitié du XXème siècle, de nouvelles techniques scientifiques permettent de relancer la théorie de la dérive des continents de Wegener.

Quelles sont les nouvelles études en faveur des idées de Wegener ?

Mots à placer : magmatiques, océanique, Moho, basaltes, continentale, continents, discontinuité, gabbros, granites, grenue, grenue, manteau, microlitique, océans, péridotite, sismographe, vitesses de propagation

#### A/ Les études sismiques des couches terrestres

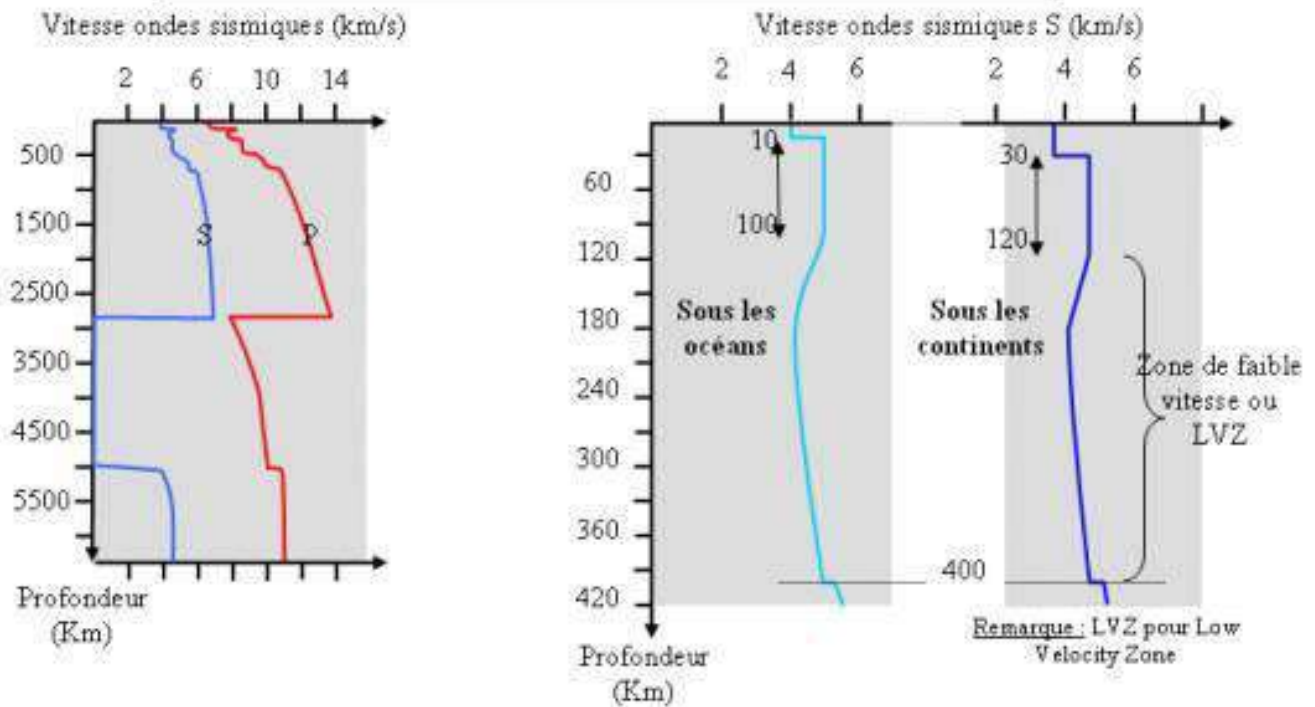
##### a) La mise en évidence de la discontinuité croûte/manteau : le MOHO

Activité 1 Existence d'une nouvelle possibilité technique d'étude moderne de la structure interne du globe : le .....





**Profil des vitesses sismiques en fonction de la profondeur terrestre :**



Les études sismiques et pétrographiques permettent de caractériser et de limiter deux grands types de croûtes terrestres : une croûte ..... essentiellement formée de basalte et de gabbro, et une croûte ..... constituée entre autres de granite. La croûte repose sur le....., constitué de péridotite.

Grâce à l'étude de la propagation des ondes sismiques, Mohorovicic met en évidence en 1909 une ..... en profondeur qui permet de définir la croûte terrestre et le manteau sous-jacent. La profondeur du ..... est variable : 30 km en moyenne sous les ..... (jusqu'à 70 km sous les montagnes) et environ 7 km sous les .....

**b) La mise en évidence de la nature des roches des croûtes et du manteau**

Au début des années 1950, la sismique réflexion et réfraction permettent de connaître les ..... des ondes sismiques dans les différentes roches des croûtes océaniques et continentales et du manteau.

La croûte océanique est essentiellement constituée de ..... surmontant des ..... alors que les ..... sont majoritaires dans les continents. La ..... est la roche du manteau. Ceci confirme la répartition bimodale de la croûte terrestre de Wegener : océanique et continent.

**B/ Les études pétrographiques des roches crustales et mantelliques**

**a) Les roches de la croûte océanique**

Les forages et les observations directes permettent de confirmer que la croûte océanique est constituée de basaltes recouvrant des gabbros. Ces deux roches ..... ont une composition chimique identique mais une structure différente : ..... pour le gabbro et ..... pour le basalte.



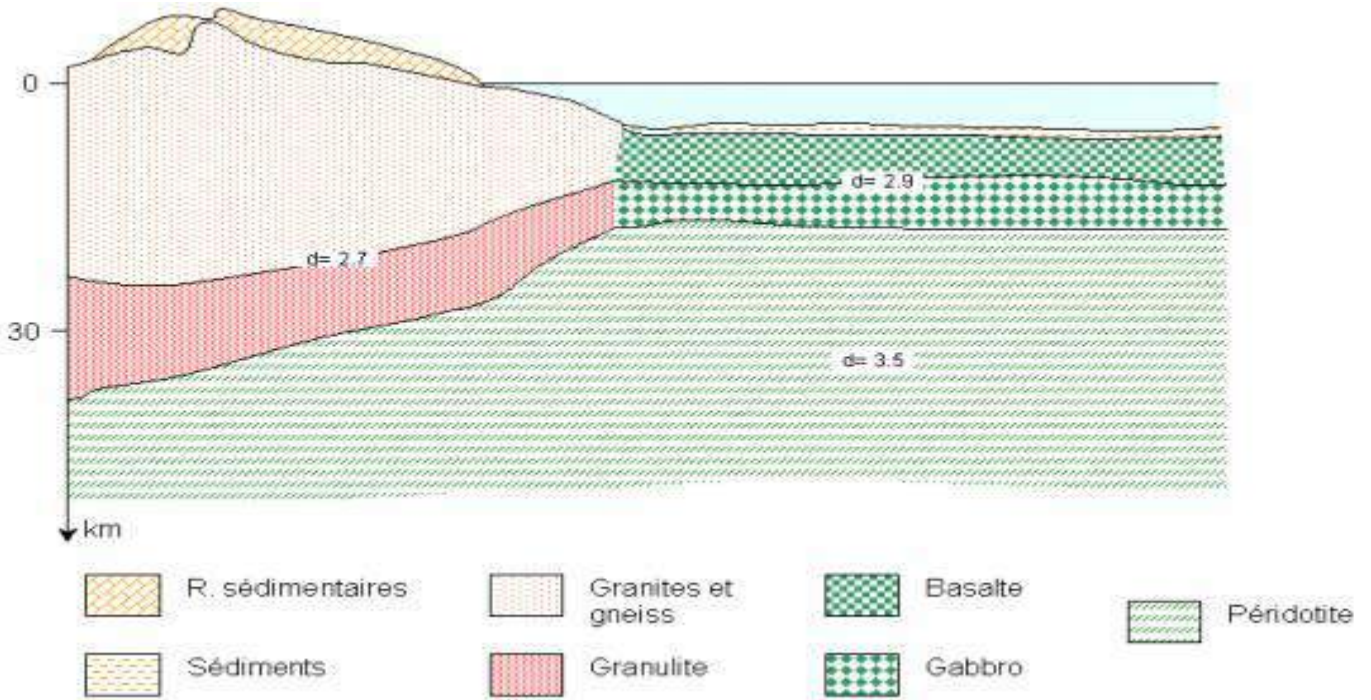
**b) Les roches de la croûte continentale**

La croûte continentale est très hétérogène : on y observe des roches sédimentaires comme le calcaire, des roches magmatiques comme le granite.

Le granite, de structure grenue, est la roche représentative de cette croûte.

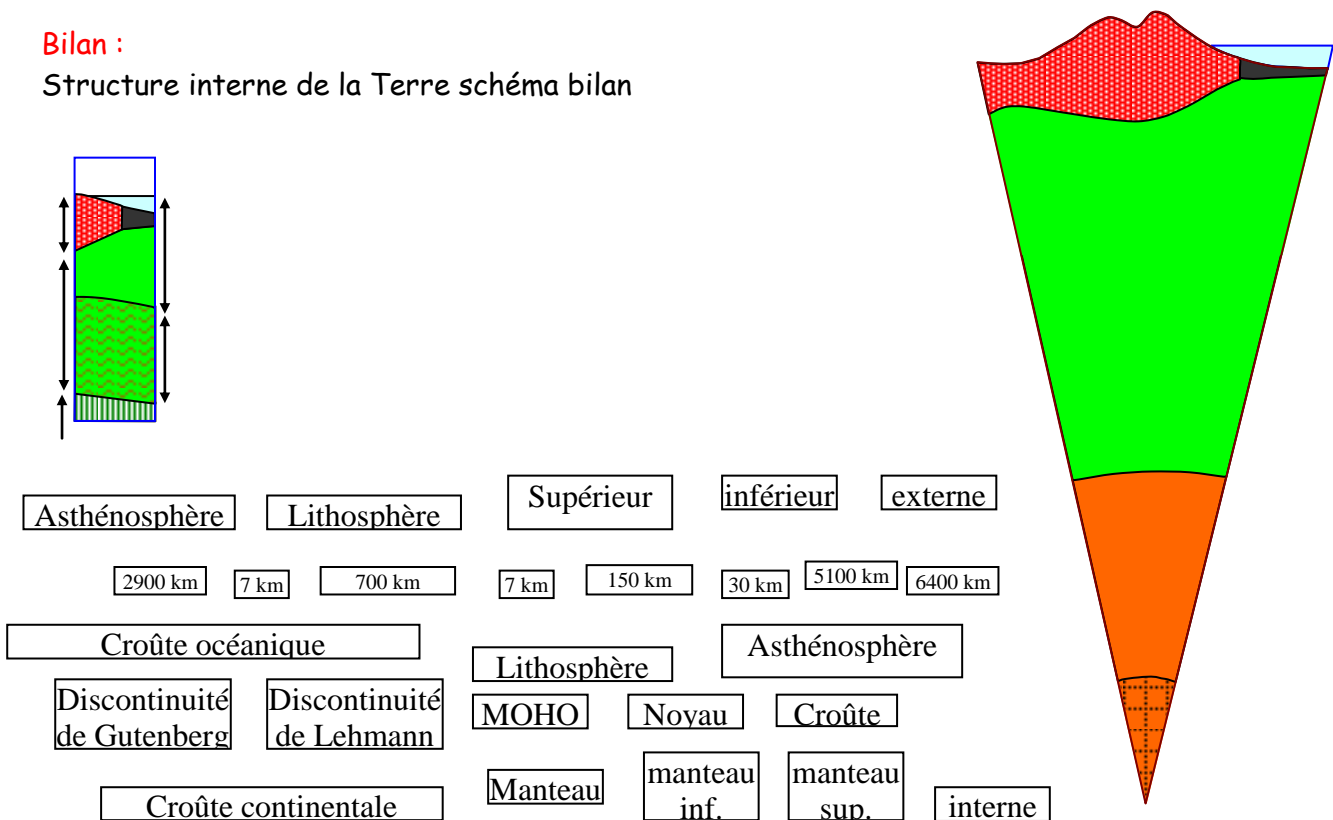
**c) Les roches du manteau**

Le manteau est très homogène constitué exclusivement d'une roche magmatique ..... : la péridotite.



**Bilan :**

Structure interne de la Terre schéma bilan



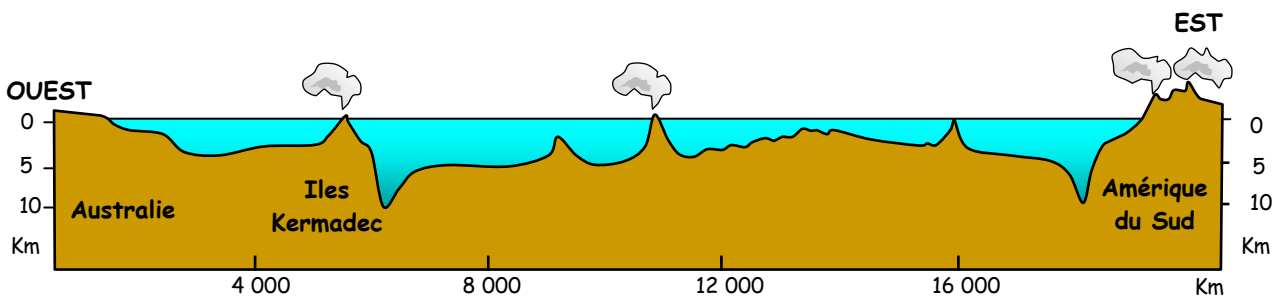
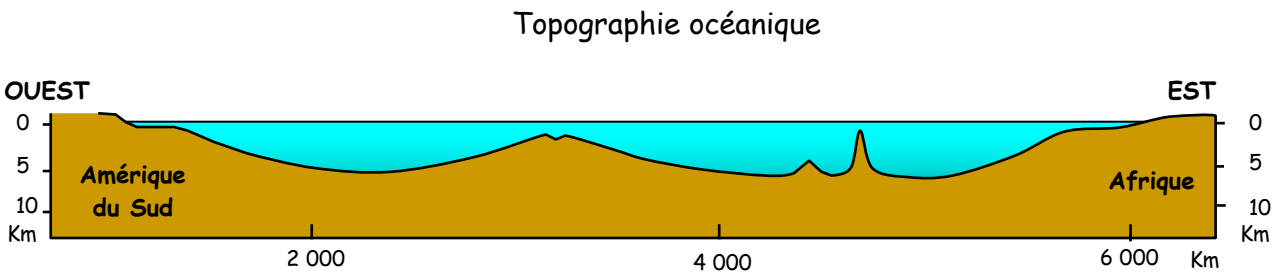
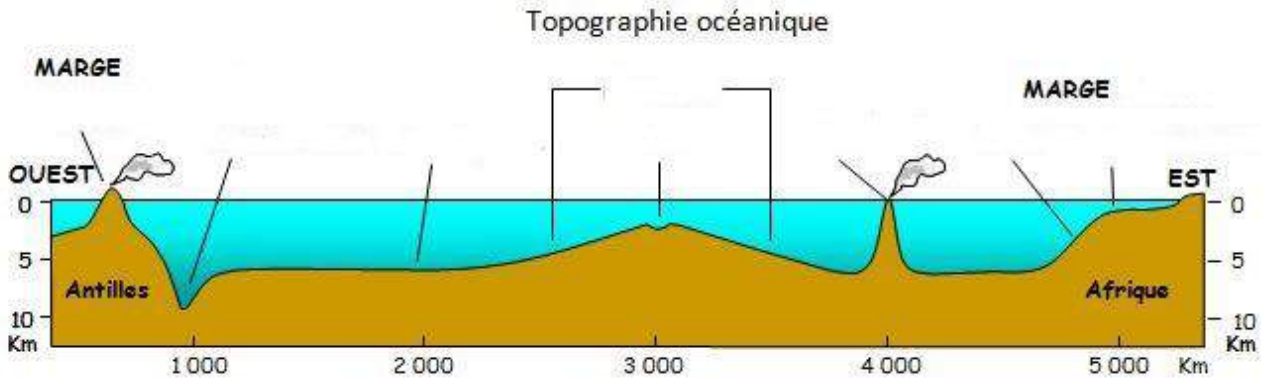
**III/ L'expansion océanique**



**TP3 : L'expansion océanique**

**A/ Les études topographiques des fonds océaniques permettent l'hypothèse de l'expansion océanique**

Mots à placer sur le schéma : *marge active, marge passive, arc volcanique, rift, dorsale, fosse océanique, plaine abyssale, talus, plateau continental, ile volcanique.*



Liste des trous : *agrandissement, croûte océanique, des dorsales, dissipations, dorsales, déplacement, fosses océaniques, magnétiques, matière chaude, parallèles, symétriques, thermique, vitesses, âgée, éloignée*

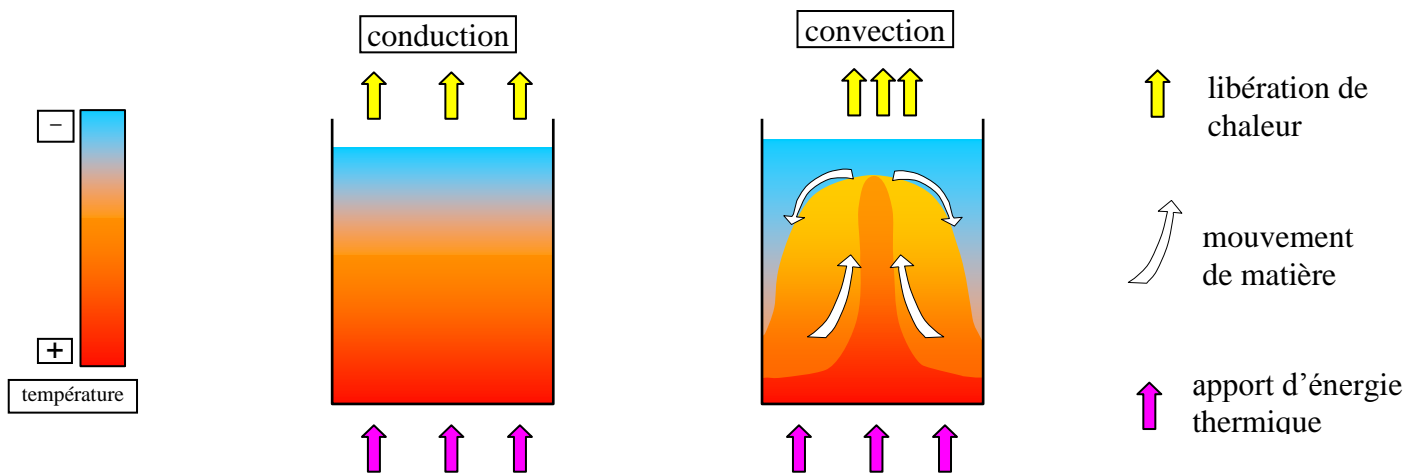
Conclusion activité 1 :

Les fonds océaniques sont parcourus par de vastes montagnes volcaniques : les..... Ces dorsales sont le siège d'importantes ..... de flux .....

On observe aussi que les océans sont bordés par de profondes .....

La ..... serait formée au niveau ..... pour une remontée de ..... Les nouvelles roches formées repousseraient les anciennes sur les côtés provoquant un ..... des océans et un ..... des continents.

conduction et convection : structures thermiques



Mots à placer : *sédiments, basalte, complexe filoniens, gabbro, péridotite, fusion partielle*

Dorsale océanique  
rapide (sans rift)  
type "pacifique"

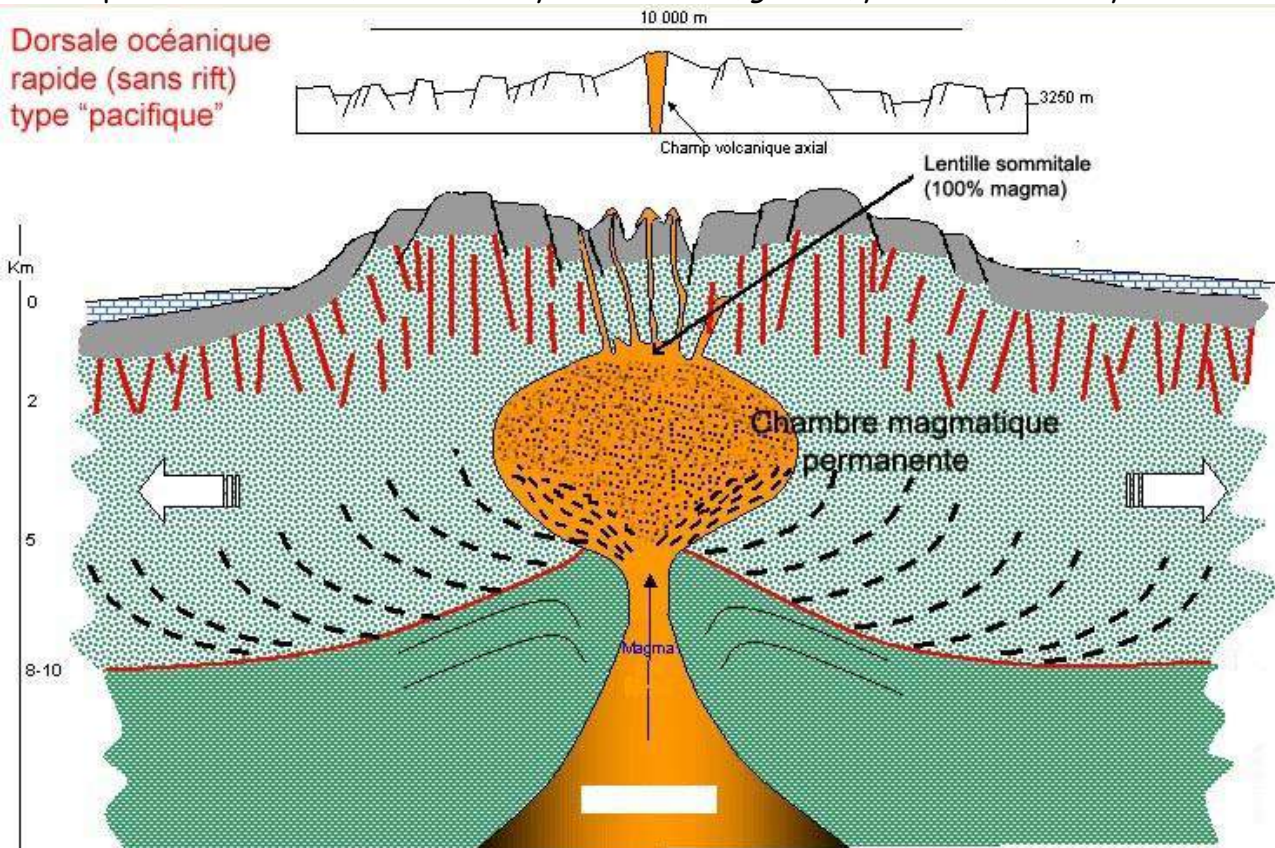


Schéma présentant la structure d'une dorsale océanique

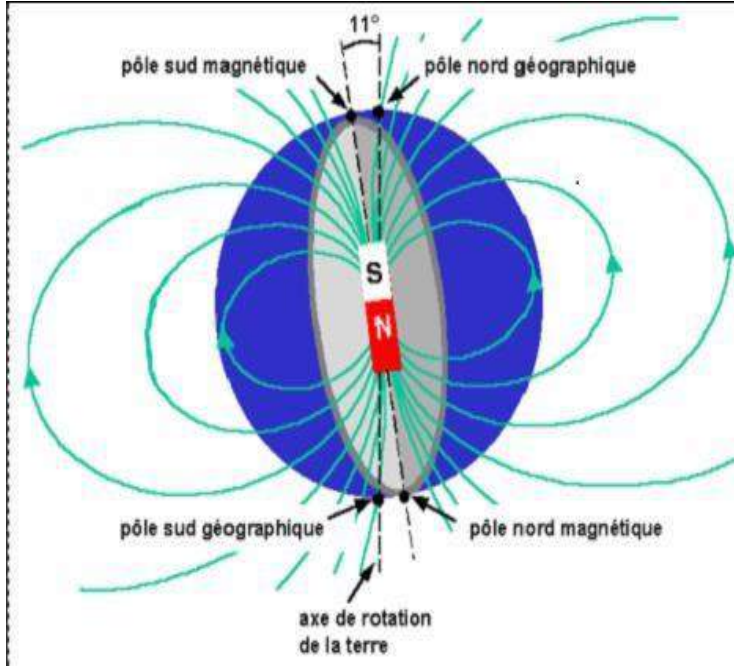
B/ Les études des anomalies magnétiques des fonds océaniques confirment l'expansion océanique

Conclusion Activité 2 :



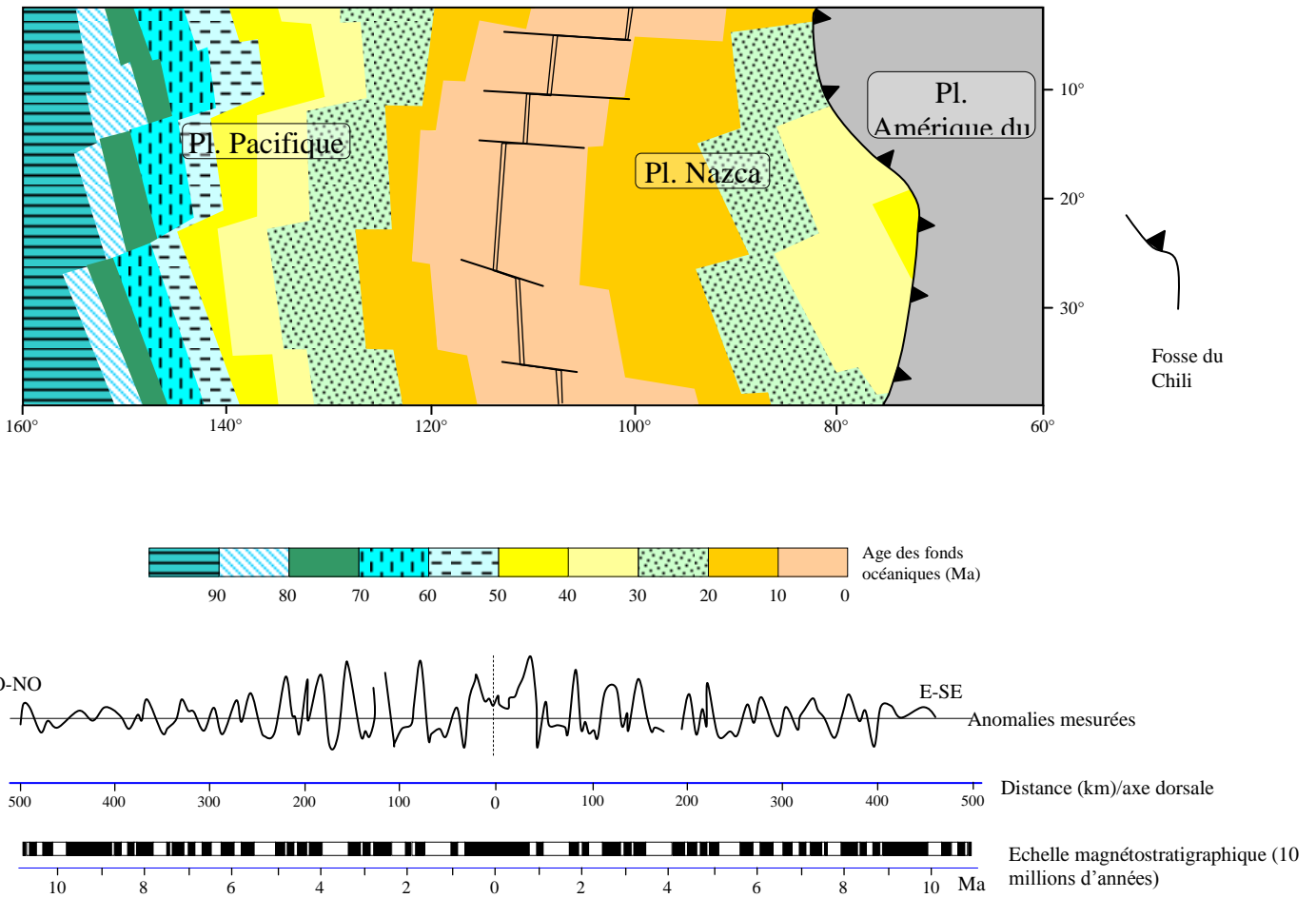
Des anomalies....., dues à l'aimantation rémanente des oxydes de fer dans les basaltes de

la croûte océanique, sont enregistrées au fond des océans. Ces bandes d'anomalies sont ..... à la dorsale et ..... par rapport à elle. En corrélant des données avec la chronologie des inversions des pôles magnétiques terrestres, on peut conclure que la croûte océanique est d'autant plus ..... qu'elle est ..... de la dorsale. On peut ainsi calculer les ..... d'expansion océanique.



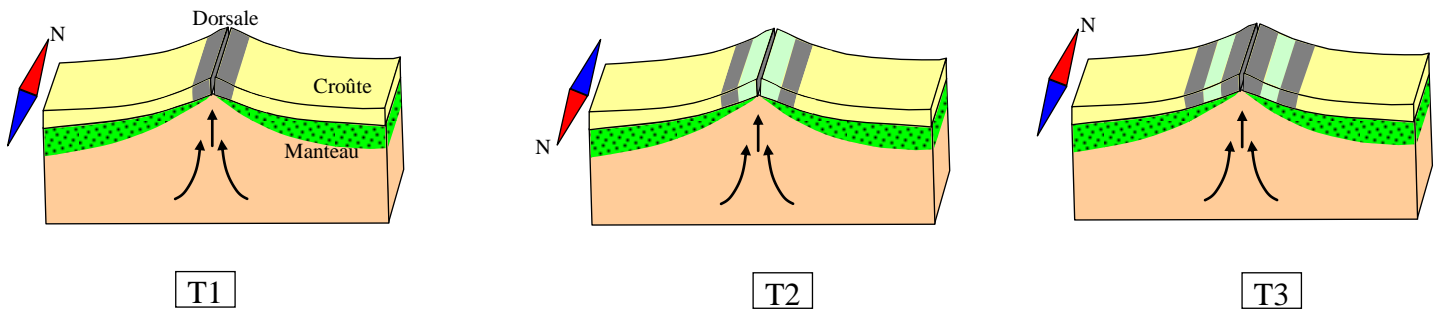
Dorsale Pacifique Est- âge des fonds océaniques et anomalies magnétiques

Pour un exercice d'après manuel SVT Belin 2011 pour la carte et [http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id\\_article=2763](http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=2763) pour les anomalies



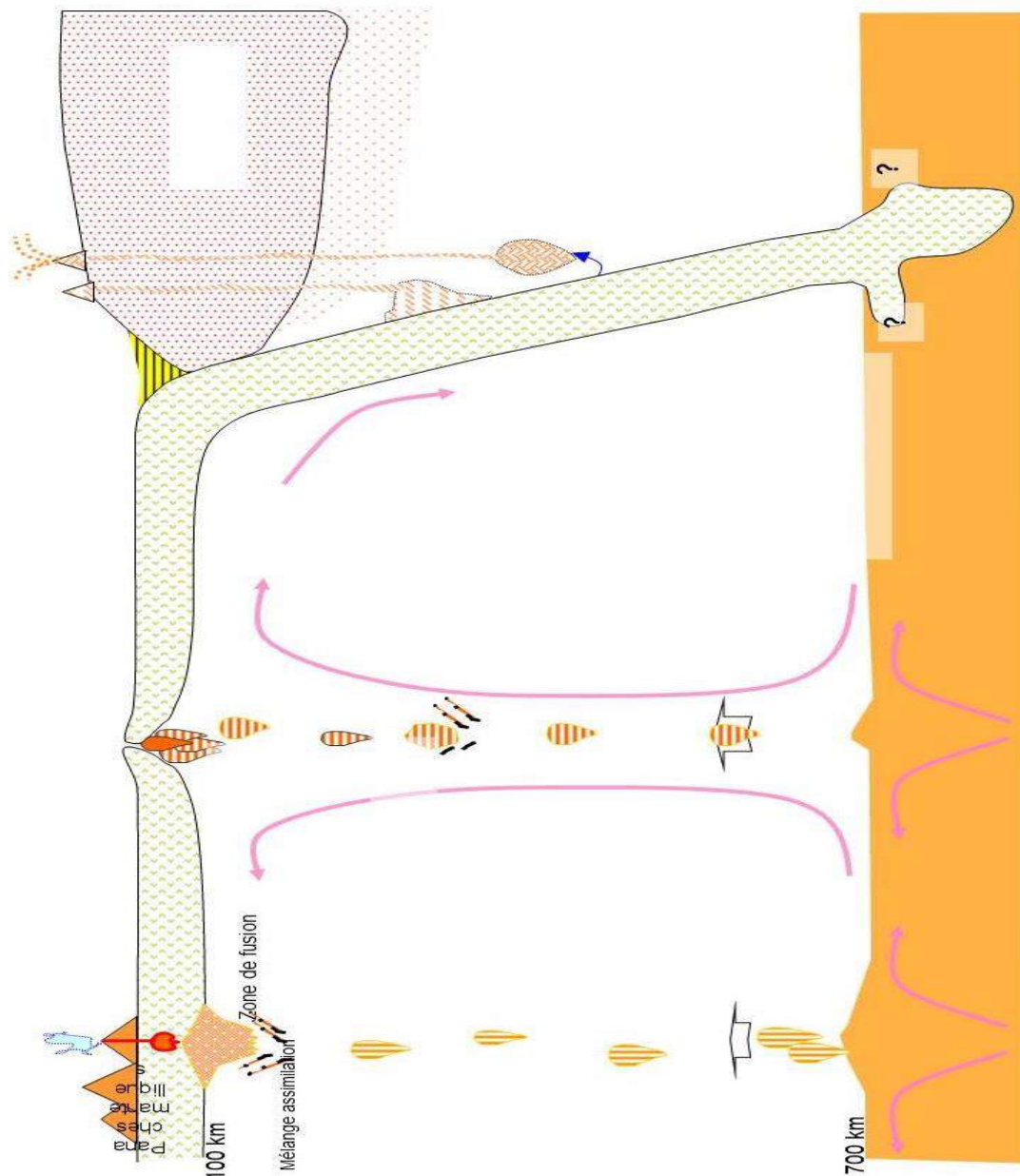


Anomalies magnétiques et expansion océanique



Légendes à placer : asthénosphère, lithosphère, 130 km d'épaisseur, dorsale, zone d'accrétion, zone de subduction, magma, volcan intra plaque, manteau inférieur, convection, volcanisme de subduction.

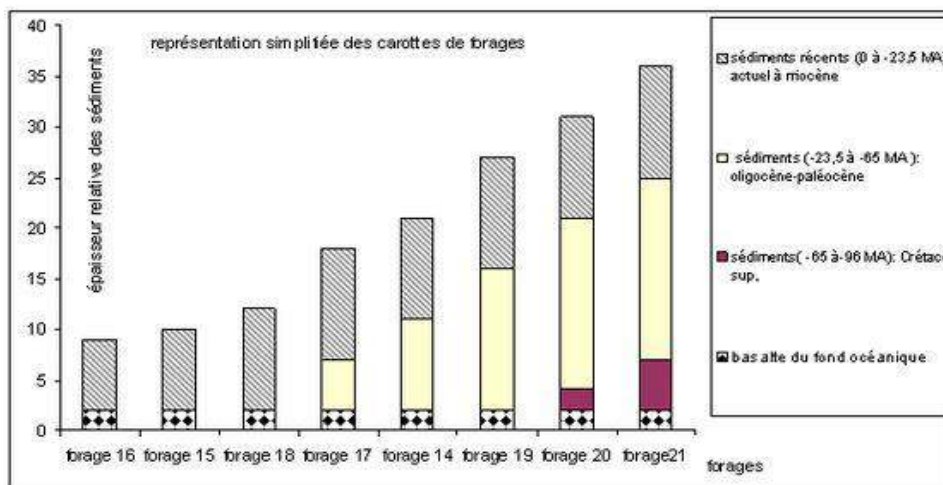
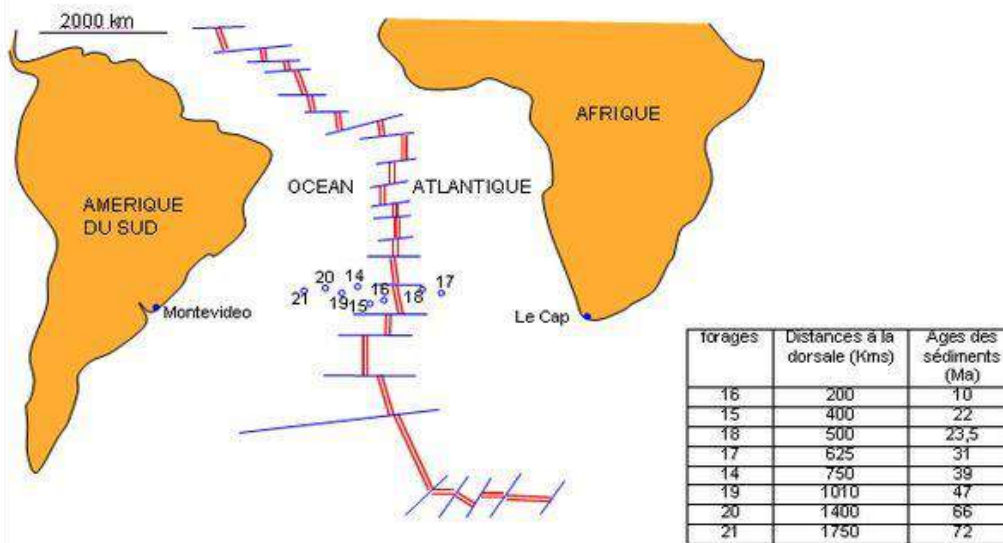
Bilan Titre :



**exercice 1:**

Les forages réalisés par le Glomar Challenger ont permis de calculer la vitesse d'expansion d'un océan

**Connaissant l'âge des sédiments les plus âgés en contact avec les basaltes, calculer la vitesse d'ouverture de l'océan atlantique**



**Vitesse des ondes P et nature de la croûte**

Les tableau ci-contre indique la vitesse moyenne de propagation des ondes P dans différents matériaux de l'écorce terrestre.

Vitesse de propagation des ondes P en km/s	
Sédiments	2
basalte	5,1
Roches métamorphiques	6
granite	6,5
gabbro	6,7
Granodiorite	7
péridotite	8,2

1. Les matériaux cités sont-ils des matériaux lithosphériques ? justifier
2. Utiliser vos connaissances et les données fournies pour établir les différences entre la croûte océanique et la croûte continentale

## IV/ Mise en évidence de la subduction et limite lithosphère-asthénosphère

L'expansion océanique admise, on suppose que la croûte océanique retourne dans le manteau au niveau des fosses océaniques.



Quels sont les arguments en faveur de cette subduction ?

### TP4 : Les marqueurs de la subduction

Mots à placer : 100 km, 120 km, 1300°C, 700 km, dans, déformable et ductile, fosses océaniques, foyers sismiques, l'asthénosphère, lithosphère océanique, lithosphère océanique, plan incliné, rapidement, rigide, rigide et froid, sismique, subduction

#### **A/ Les études sismiques au niveau des fosses océaniques**

Correction Activité 1 :

Depuis les années 1940, les sismologues savent que les ..... sont le siège d'une singulière et importante activité ..... avec notamment des foyers sismiques localisés jusqu'à ..... de profondeur. Les ..... sont répartis selon un ..... qui part de la fosse océanique : le plan de Wadati Benioff.

Une couche de matériel ..... s'enfonce donc dans le manteau le long de ce plan : la .....

#### **B/ Les études d'anomalies de vitesse des ondes sismique le long du plan de Wadati Benioff**

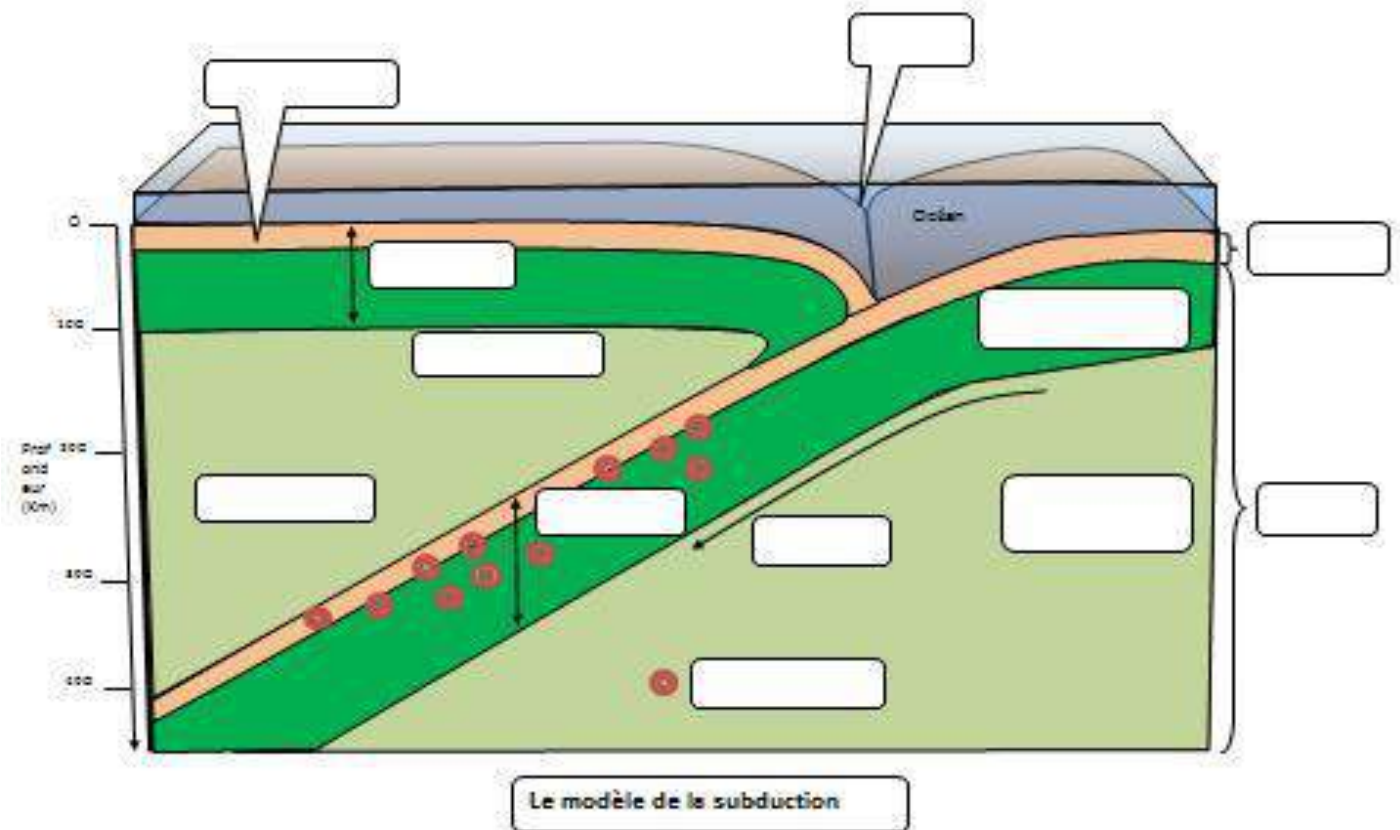
En 1964, on observe que les ondes sismiques se propagent plus ..... le long du plan de Wadati Benioff que dans le manteau sur une épaisseur de ..... sous les océans et de ..... sous les continents. Comme on sait que la vitesse des ondes augmente lorsque la température des matériaux diminue, cela signifie qu'un matériel ....., d'une épaisseur de 100 km plonge dans ..... C'est la ..... qui comprend la croûte océanique et une partie du manteau supérieur.

La couche sous-jacente est appelée asthénosphère, couche plus ..... que la lithosphère. Elle est délimitée par l'isotherme ..... qui correspond à la limite rigidité/ductilité des péridotites.

La ..... est la plongée de la lithosphère océanique ..... l'asthénosphère au niveau des fosses océaniques.

**Bilan** : schéma bilan de la subduction

Mots à placer : *croûte océanique, fosse, lithosphère, asthénosphère, isotherme 1300°C, manteau lithosphérique, manteau asthénosphérique, subduction, foyer sismique, manteau.*



## V/ Le modèle de la tectonique des plaques

L'ensemble des données récoltées au cours de la première moitié du XXème siècle va permettre l'avènement du modèle actuel de la tectonique des plaques dans les années 1970.



Comment le modèle de la tectonique des plaques est-il été construit et enrichi ?

### A/ Les plaques lithosphériques

#### TP 5 : Définition des plaques lithosphériques

Liste des trous : *point chaud fixe, chaînes de montagnes, convergent, divergents, dorsales, décrochement, déplacement, failles transformantes, mouvement de rotation, plaques lithosphériques, plaques rigides, rigides, trois types*

Quels sont les arguments scientifiques en faveur de l'existence des « blocs lithosphériques » ?



**1er argument : Observation de la carte des fonds océaniques**

À la fin des années 1960, la géométrie des ..... océaniques permet de proposer un modèle en plaques.

**2eme argument: Répartition des volcans et des séismes sur la planète**

Volcanisme et/ou sismicité sont présents à des endroits précis:

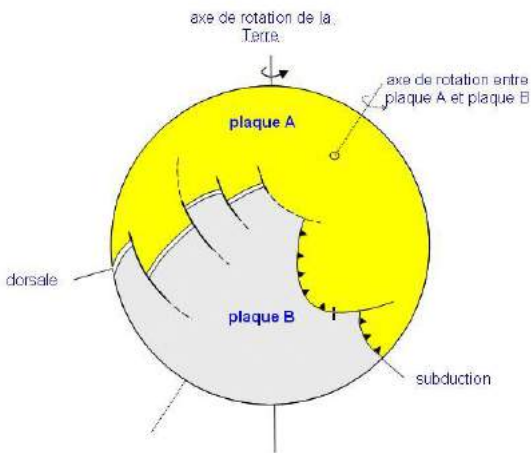
- le long des ..... : les mouvements .....
- au niveau des failles transformantes : zone de .....
- au niveau des ..... : mouvement ..... (zone de subduction)

Ces 3 limites verticales délimitent les .....

**3eme argument: Alignement volcanique**

Des alignements volcaniques, situés en domaine océanique ou continental, dont la position ne correspond pas à des frontières de plaques, sont la trace du ..... de plaques

cinématique des plaques lithosphériques- dorsale, failles transformantes, failles transversees, fosses de subduction  
d'après schéma de C. Allegre repris par P. Mougier



lithosphériques au-dessus d'un ..... en première approximation, dans le manteau.

**Conclusion:** La lithosphère est découpée en ....., délimitées par des zones sismiquement et volcaniquement actives. Ces plaques sont en ..... à la surface de notre planète les unes par rapport aux autres. Les frontières de ces plaques sont de ..... : divergentes au niveau des dorsales, convergentes dans les zones de subduction et décrochantes ou coulissantes au niveau des failles

transformantes.

**B/ Les vitesses de déplacements des plaques lithosphériques**

**TP 6 : vitesse de déplacement des plaques**

Liste des trous : "de point chaud", alignements, anciens, basalte, croissant, des plaques, distance, immobile, instantanées, jeune, jeunesse, l'ouverture, magma, nulle, sédiments, technique de positionnement par satellite, épais



*Comment estimer la vitesse de déplacement des plaques ?*

**1) A l'aide des sédiments océaniques**

Des forages en mer profonde existent depuis 1960: à plusieurs millions de km de profondeur, des carottes de ..... situés au-dessus du plancher océanique sont prélevées.

L'analyse de ces carottes montrent que:

- plus on s'éloigne de la dorsale, plus les sédiments sont..... et plus les sédiments en contact avec les basaltes sont .....
- la couverture sédimentaire est quasiment ..... au niveau de la dorsale

- on peut dater ..... d'un océan et cela confirme la ..... des océans (moins de 200 millions d'années).

Les vitesses de déplacements des plaques lithosphériques peuvent être mesurées à partir de l'âge des sédiments océaniques : connaissant l'âge des sédiments en contact avec le ..... et la ..... à la dorsale, on peut calculer la vitesse d'expansion du plancher océanique.

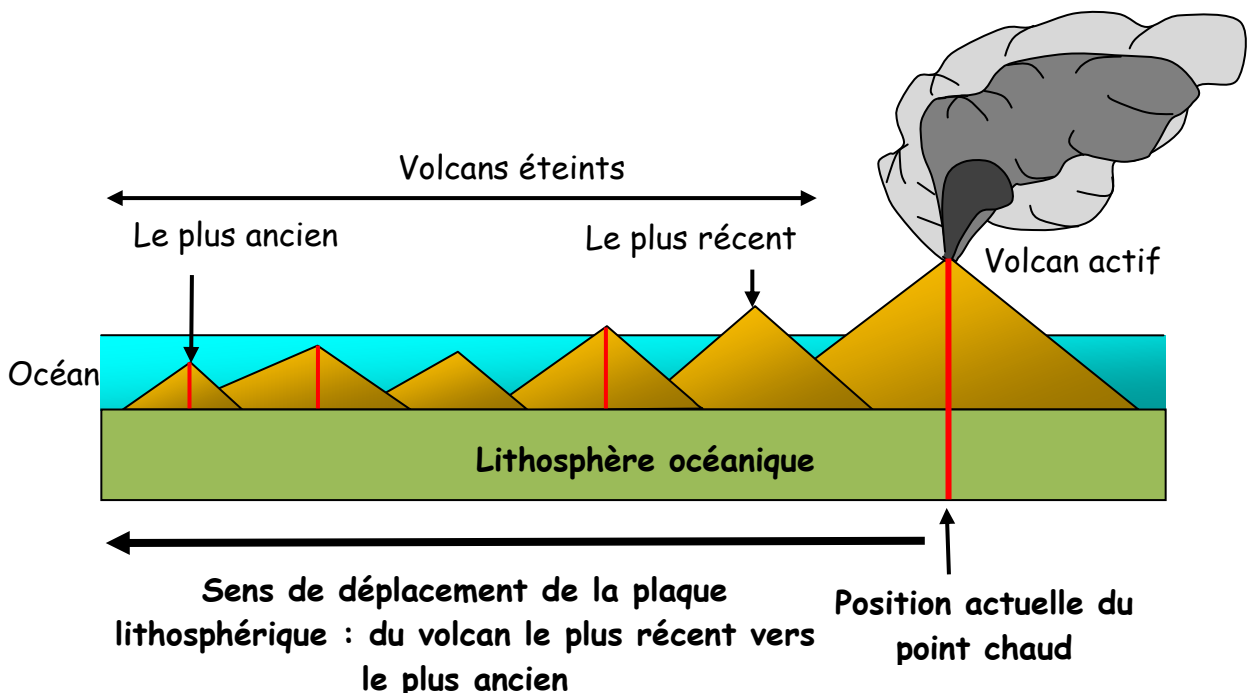
### 2) A l'aide de l'alignement des volcans

En de nombreux endroits du globe, on observe des ..... de volcans situés au cœur ..... . L'âge de ces volcans est régulièrement ..... d'une extrémité à une autre : le volcan actif est le plus ..... . Le modèle de la tectonique des plaques permet d'expliquer les alignements de volcans de points chauds observés dans les plaques : il s'agit de remontée fixe de ..... d'origine profonde (manteau inférieur). Ce panache de matériel chaud permet un volcanisme dit ..... . La plaque dérive au-dessus de ce point chaud ..... qui alimente à la verticale un volcanisme de surface.

Les distances entre le point chaud actuel et les édifices volcaniques passés permettent un calcul de vitesse de déplacement des plaques impliquées.

#### Point chaud

D'après Paul Nougier Structure et fonctionnement du globe terrestre. Edition Ellipse



### 3) A l'aide du positionnement par satellite

A partir des années 1990, la ..... (GPS) permet de mesurer les vitesses ..... des plaques lithosphériques. Ce système repose sur l'existence de balises dont la position en longitude, latitude et altitude est mesurée en continu grâce à un ensemble de satellite. Ces mesures confirment les vitesses d'expansion océanique et que les plaques dérivent au-dessus d'un point chaud.

L'ensemble des données confirme le modèle de la tectonique des plaques et les ordres de grandeur des vitesses calculées sont tous cohérents (quelques cm/an).

C/ Le renouvellement de la lithosphère océanique

Comment expliquer cette jeunesse de la lithosphère océanique alors que la planète Terre a 4,5 milliard d'années ?

**TP 7 : Le renouvellement de la lithosphère océanique**

1) Les apports de la tomographie sismique

Depuis les années 1980, les progrès de l'informatique et la généralisation des réseaux sismologiques mondiaux permettent la tomographie sismique, équivalent géologique des scanners en médecine.



**Doc. 1 : principe de la tomographie sismique**

Liste des trous : *bleu, changements, chaude, dense, dorsales, magma, moins, plongements, plus, retard, rouge, subductions, température*

Principe de la tomographie sismique

D'après [http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosgeol/01\\_decouvrir/03\\_convection/01\\_terrain/02a\\_plus.htm](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosgeol/01_decouvrir/03_convection/01_terrain/02a_plus.htm)

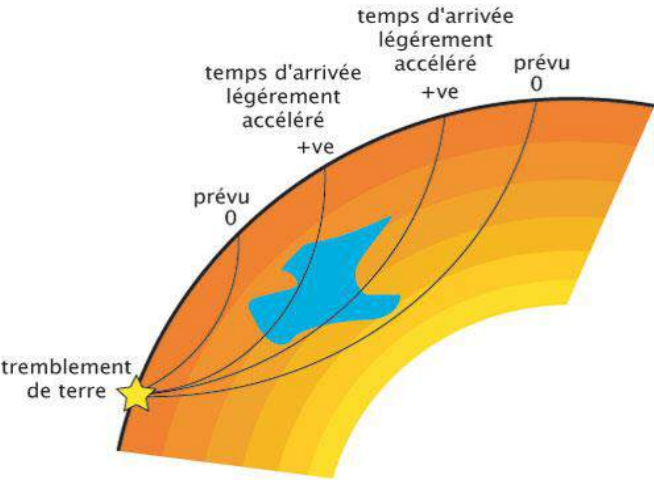
La tomographie sismique interprète les ..... de vitesses des ondes sismiques provoquées par des modifications de la ..... des couches traversées.

Un séisme envoie des ondes à travers la Terre, elles sont reçues par des instruments situés en de nombreux points autour du globe.

Les ondes qui accusent un ..... par rapport aux autres ont traversé une zone plus ..... et moins.....

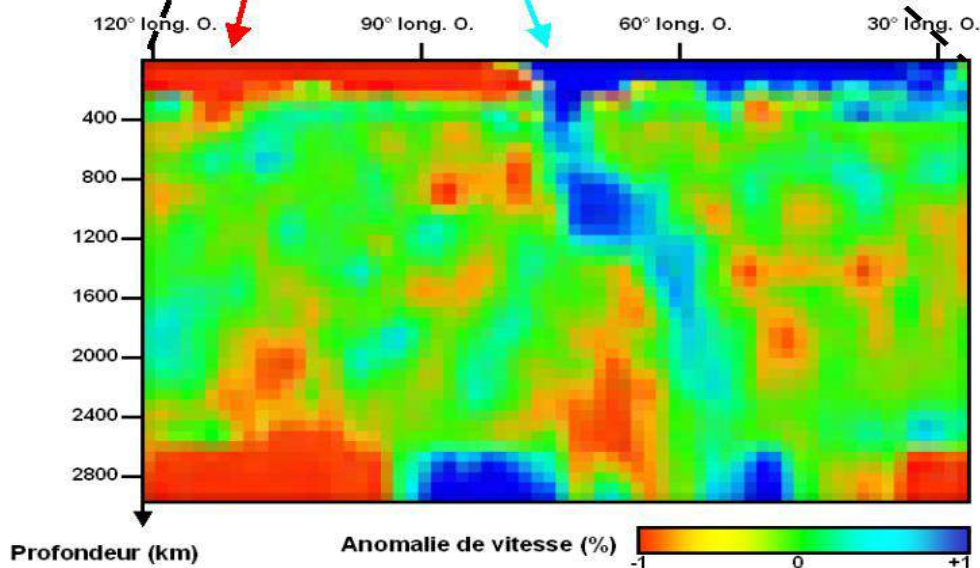
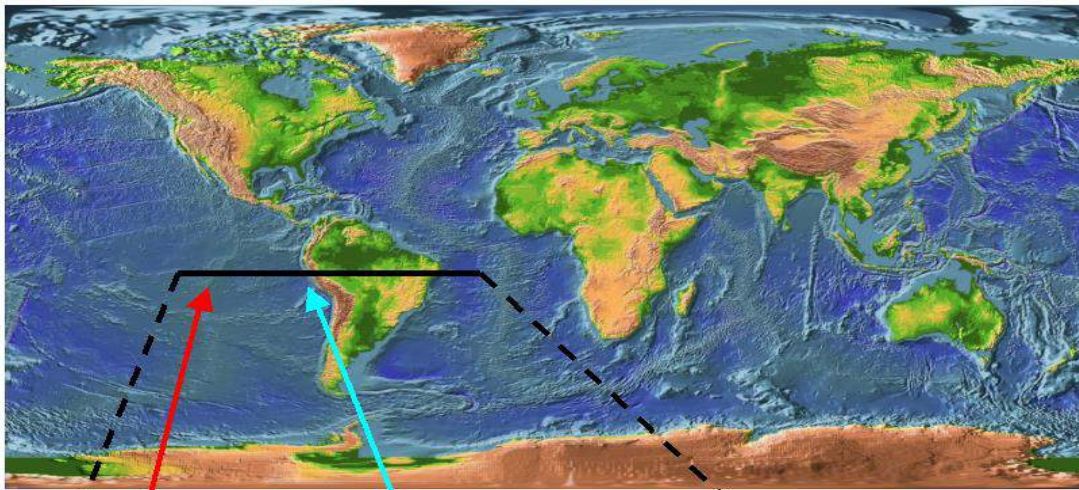
Celles qui ont accéléré, ont traversé une zone ..... chaude et ..... dense. Ce sont, bien sûr, de multiples mesures suivies de nombreux calculs qui, à partir de l'analyse des vitesses d'ondes de volume (P, S) et de surface, fournissent un «scan» des températures du manteau.

Les spécialistes représentent en ..... les zones froides (ou plutôt, moins chaudes) où les ondes sismiques accélèrent, et en ..... les régions chaudes où elles ralentissent. L'intensité des couleurs est proportionnelle à l'amplitude des variations des vitesses.

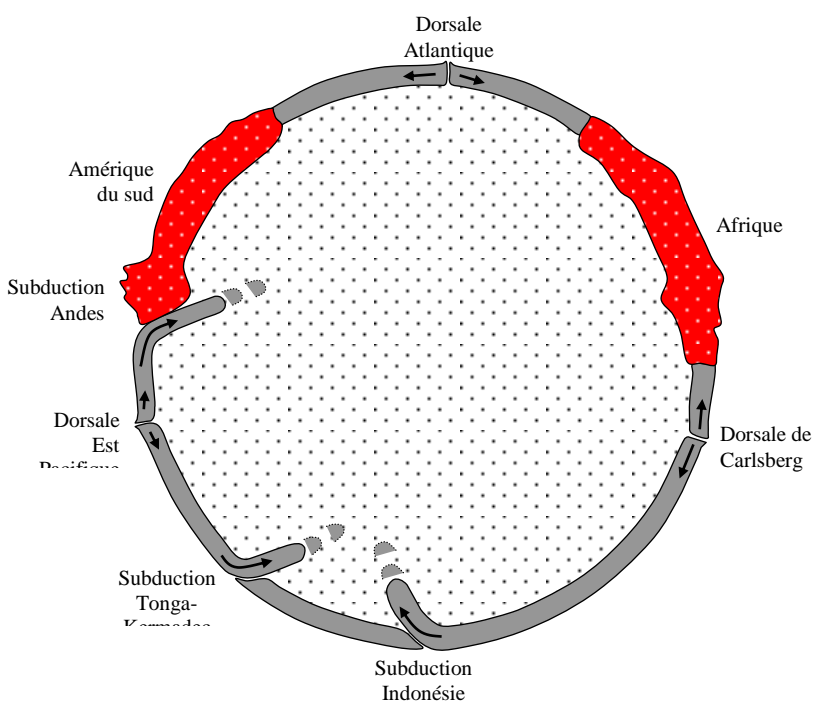


**Doc.2 : Tomographie sismique au niveau de l'Amérique du Sud**

Droits réservés - © 1997 Steve Grand, modifié d'après <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/convection-mantellique-tectonique-plaques.xml>



La tomographie sismique confirme bien ce que suggèrent les modèles :



1. Les ..... correspondent à des remontées superficielles de....., initiées par le déplacement des lithosphères, simplement pour compenser leur écartement relatif. Elles ne participent pas (ou peu) à la mise en mouvement des plaques.
2. Les ..... correspondent à des ..... très profonds de la lithosphère océanique ; elles mettent en mouvement les plaques lithosphériques (au moins les plaques rapides). C'est le lieu de disparition de la lithosphère océanique.



Comment expliquer la présence de magma au niveau des dorsales ?

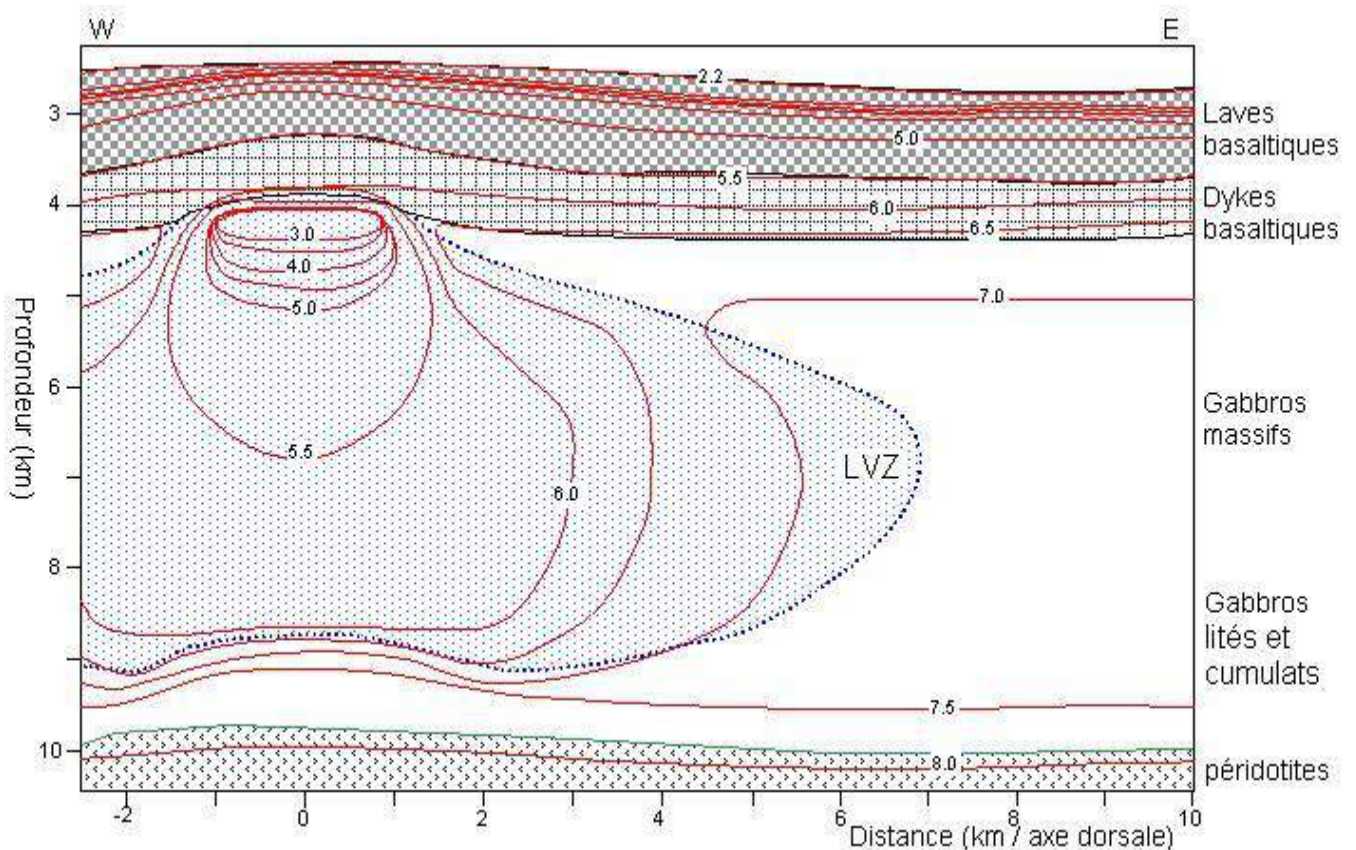
2) La fusion partielle de la péridotite

Doc.3 : Tableau présentant la composition des minéraux constituant les gabbros, les basaltes et les péridotites :

% oxydes	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Total
Basalte tholéitique	49,2	1,84	15,74	3,79	7,13	0,20	6,73	9,47	2,91	1,1	0,35	1,38	99,84
Gabbro	49	1,82	15,78	3,71	7,21	0,18	6,97	9,51	2,87	1,03	0,36	1,34	99,78
Péridotite	42,26	0,63	4,23	3,61	6,58	0,41	31,24	5,05	0,49	0,34	0,10	4,22	100,01

Qu'en concluez-vous ?

Doc. 4 : Profil sismique au niveau d'une dorsale. Les chiffres représentent la vitesse de propagation des ondes P.

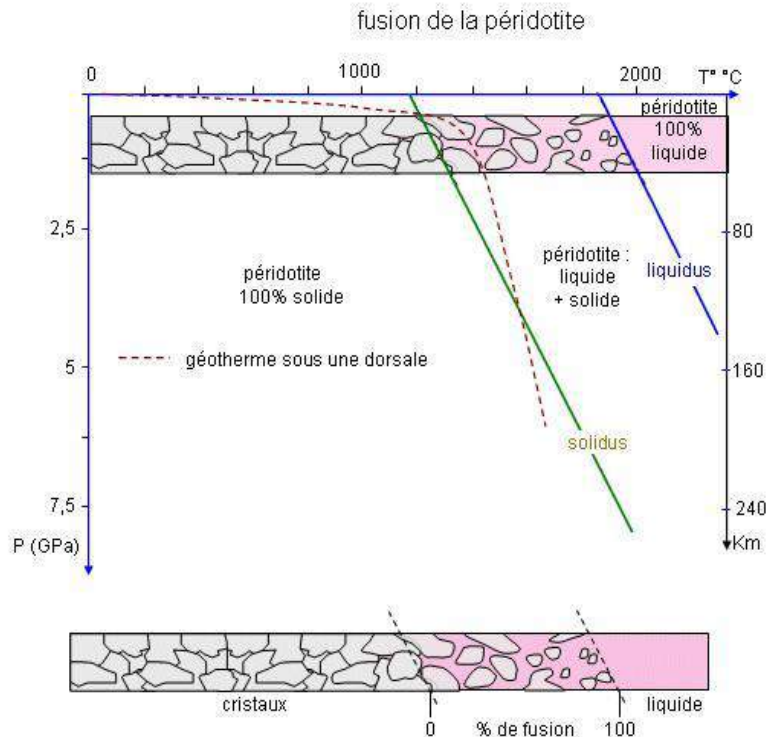


**Doc.5 : Diagramme P/t pour la périclote**

Géotherme : c'est une modélisation mathématique de la variation de température en fonction de la profondeur. Il exprime la nature du gradient de température entre la surface et une certaine profondeur.

**Quelles conditions peuvent engendrer la fusion partielle ?**

Mots à placer : *rift, froid, basalte, remonter, divergence, chaînes, magma, léger, océan, l'eau, failles, gabbro, fonds océaniques, amincie, négative, croûte*



1) La croûte continentale étirée par les mouvements de ..... des plaques peut être totalement .....

2) Les roches du manteau supérieur subissent une diminution de pression au niveau de l'amincissement (passage du point 1 à 2). Le solidus est franchi ce qui facilite la fusion de la périclote. (fusion partielle).

Le magma ainsi formé se rassemble : plus ....., il tend à ..... dans les ..... et va s'épancher en surface. Le magma produit a une composition différente de celle des périclotes.

- si le refroidissement est rapide, il y a formation de .....
  - si le refroidissement est lent, il y a formation de ..... autour de la chambre magmatique.
- Si ce rift a une altitude ....., l'eau de mer envahit la région : un ..... naît, les continents se séparent, deux plaques sont individualisées.

L'extension se poursuivant, la croûte océanique se fissure régulièrement. Le magma qui parvient ainsi au contact de ..... prend des formes de coussins (pillow-lavas en anglais) en raison des pressions d'eau régnant en profondeur.

L'Est africain et l'Islande correspondent à différents stades de ce processus qui, lorsqu'il se poursuit pendant des millions d'années, ouvre des océans comme l'Atlantique et le Pacifique.

3) Les roches volcaniques consolidées s'écartent de chaque côté de la dorsale ce qui laisse la place à de nouvelles arrivées de ..... qui forment de nouvelles roches volcaniques, plus jeunes. Les anciens bords du ..... s'éloignent, toujours remplacés par de nouveaux.

C'est ce magma, ....., cristallisé, qui formera la nouvelle ..... de part et d'autre d'une dorsale d'abord embryonnaire comme celle qui ouvre la Mer Rouge.

4) À un stade plus évolué, des « dorsales » sous-marines sont en pleine activité volcanique et créent sans cesse de nouveaux ..... (océanisation).

Thème 1B La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle

Les dorsales, généralement situées à 2500 mètres environ sous la surface de la mer, sont un système de ..... volcaniques sous-marines d'environ 64.000 kilomètres de long où sont fabriqués chaque année 17 km<sup>3</sup> de nouvelle croûte océanique.

Bilan : Schéma d'une dorsale incluse dans une coupe de globe terrestre

Mots à placer : *subduction, point chaud, dorsale, noyau solide, manteau, noyau liquide*

