






Planète terre

Cours Géologie Ba2
Numéro 2

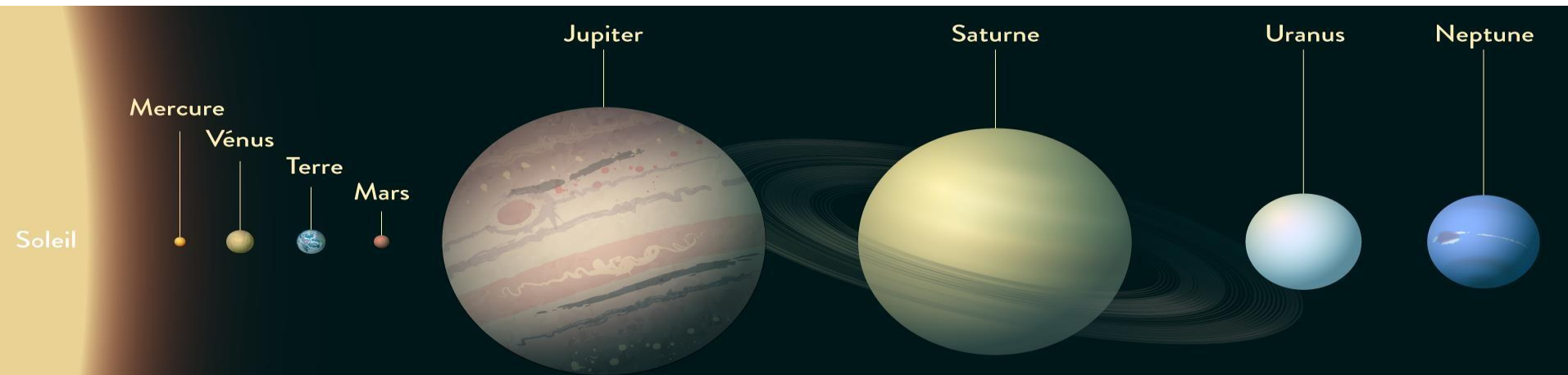
-  Forte importance
-  Moyenne importance
-  Faible importance

-La Terre dans l'espace

-Rappel de tectonique
des plaques

-La Terre dans le
temps

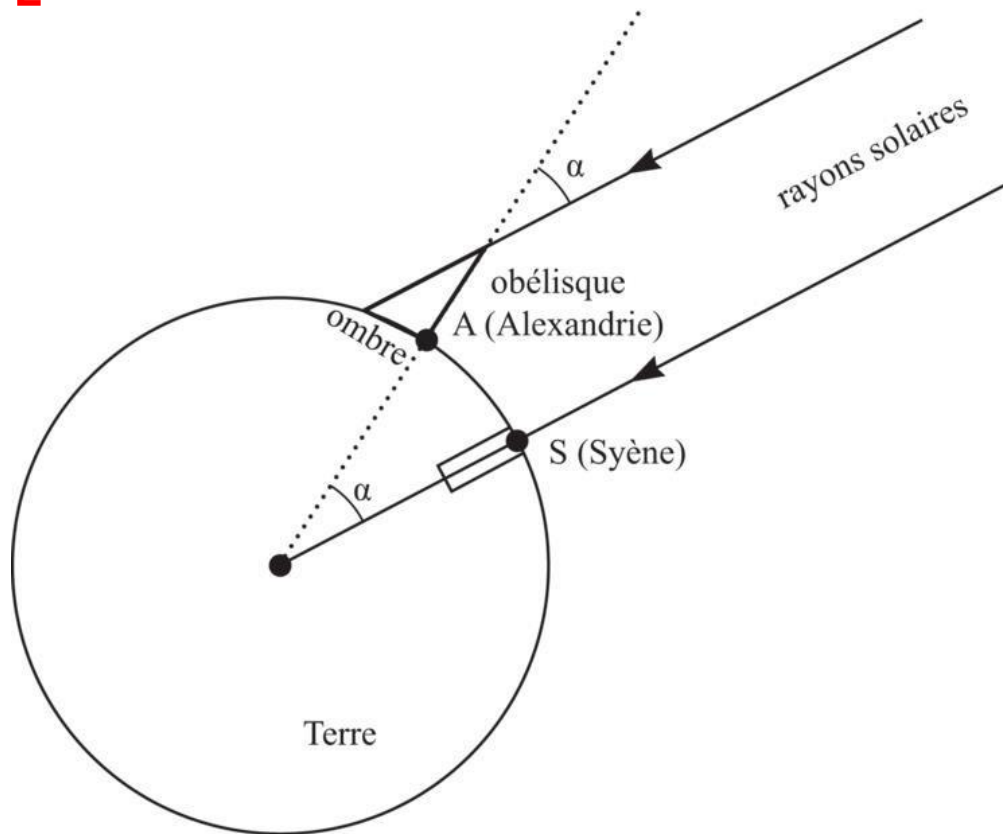
La terre dans l'espace.



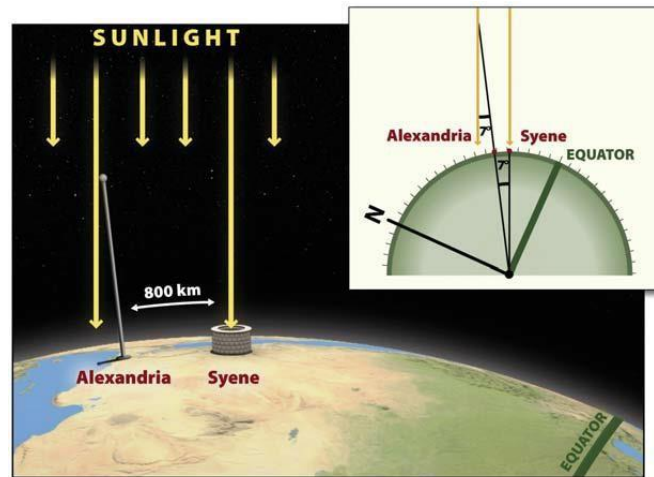
- 3ème planète du système solaire
- Distance moyenne au soleil: 150 Mkm
- Durée de rotation: 23H56
- Durée de révolution: 365.26 j
- Diamètre: ~12 800 km
- Masse: ~ $5.9 \cdot 10^{24}$ kg
- Périmètre: ~40 000 km
- Superficie: 510 067 km²
- Satellite: lune
- Age: 4.56 Ga
- Gravité: $9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Température de surface
 - Maximum: 56.7 °C
 - Moyenne: 15 °C
 - Minimum: -93.2 °C

Exercise 1

- Remettez vous à l'époque d'Ératosthène (III^e siècle av. J.C) en Egypte. Ses nombreux voyages entre Syène (maintenant Assouan) et Alexandrie à différentes saisons lui permirent de faire des observations qui ont abouti au calcul de la circonférence de la Terre.
- Ératosthène ayant mesuré la distance entre Syène et Alexandrie; 5000 stades. 1 stade = $1/6$ km.
- Quelles sont ses observations, quel raisonnement a-t-il fait et comment a-t-il calculé ce paramètre?

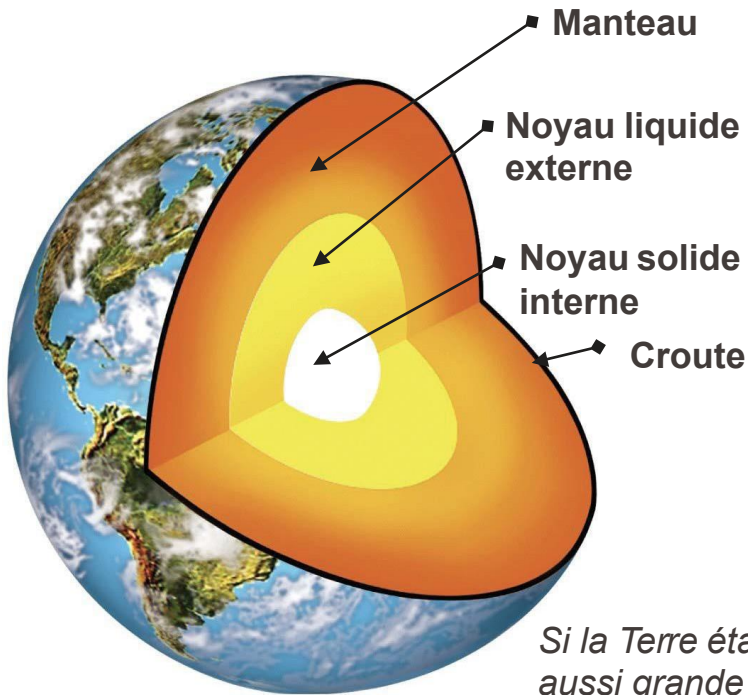


Mesure du rayon de la Terre par Ératosthène.

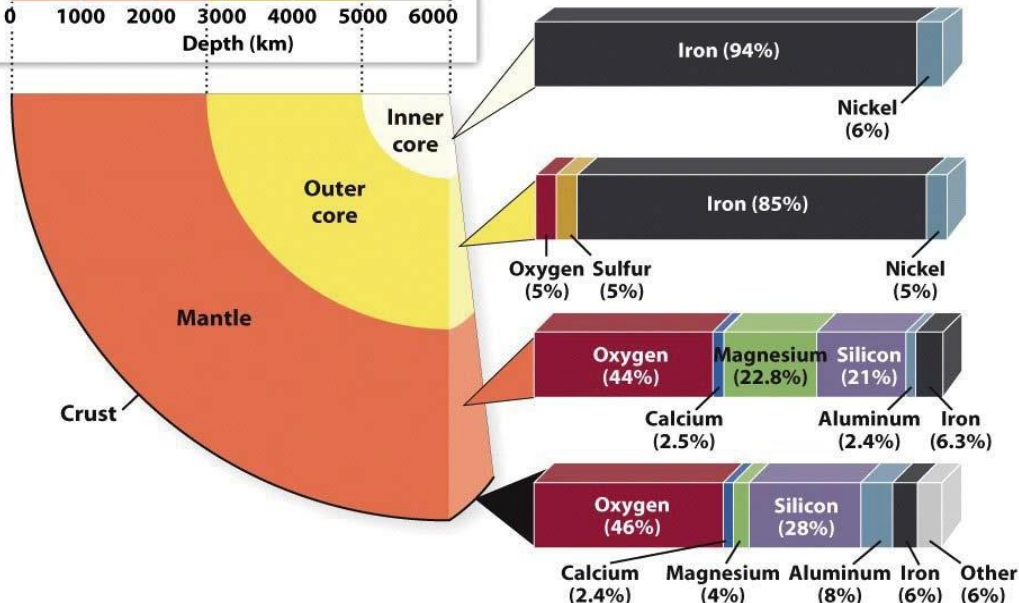
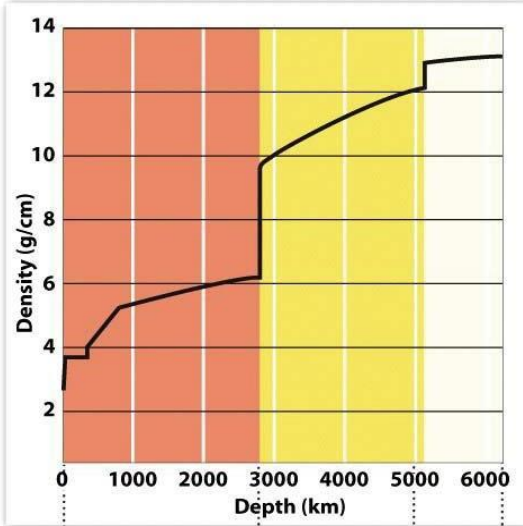


- Sachant que la masse de la Terre est de $5.9 \cdot 10^{24}$ kg et son rayon moyen de 6370 km, calculer sa masse volumique moyenne?
- La densité moyenne des roches de la croûte terrestre étant de l'ordre de 2.7 à 2.9. Quelles conclusions peut on tirer?

Composition



Si la Terre était aussi grande qu'un oeuf, alors la croûte terrestre serait aussi fine que la coquille de l'oeuf



Ondes sismiques

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

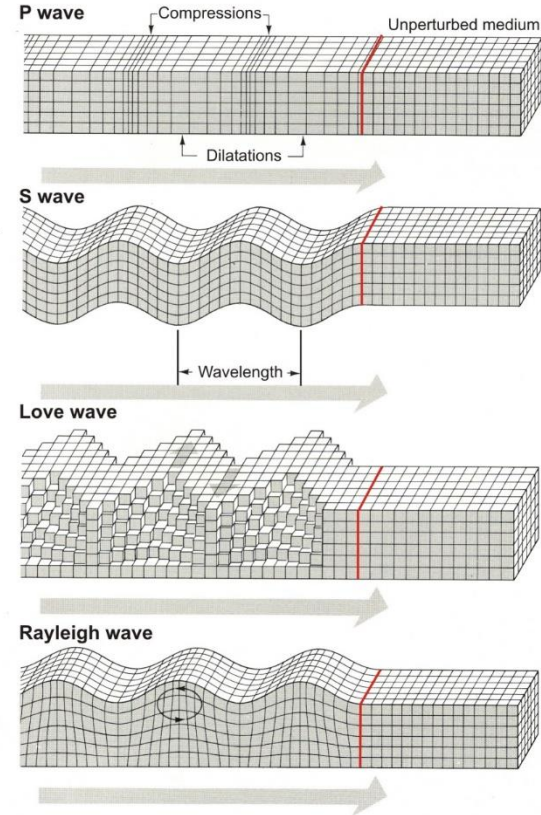
$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

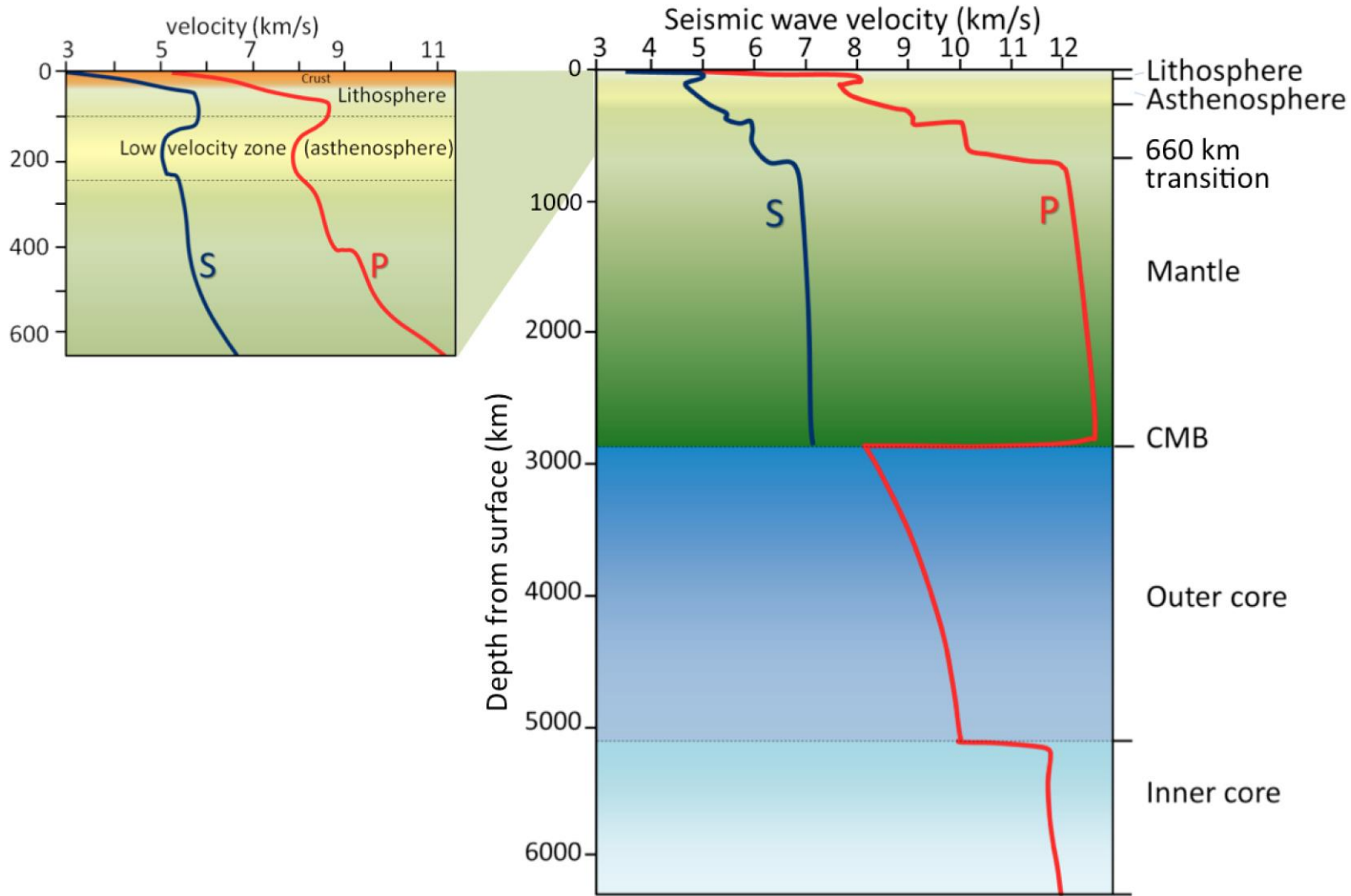
$$v = \frac{3K - 2\mu}{2(3K + \mu)}$$

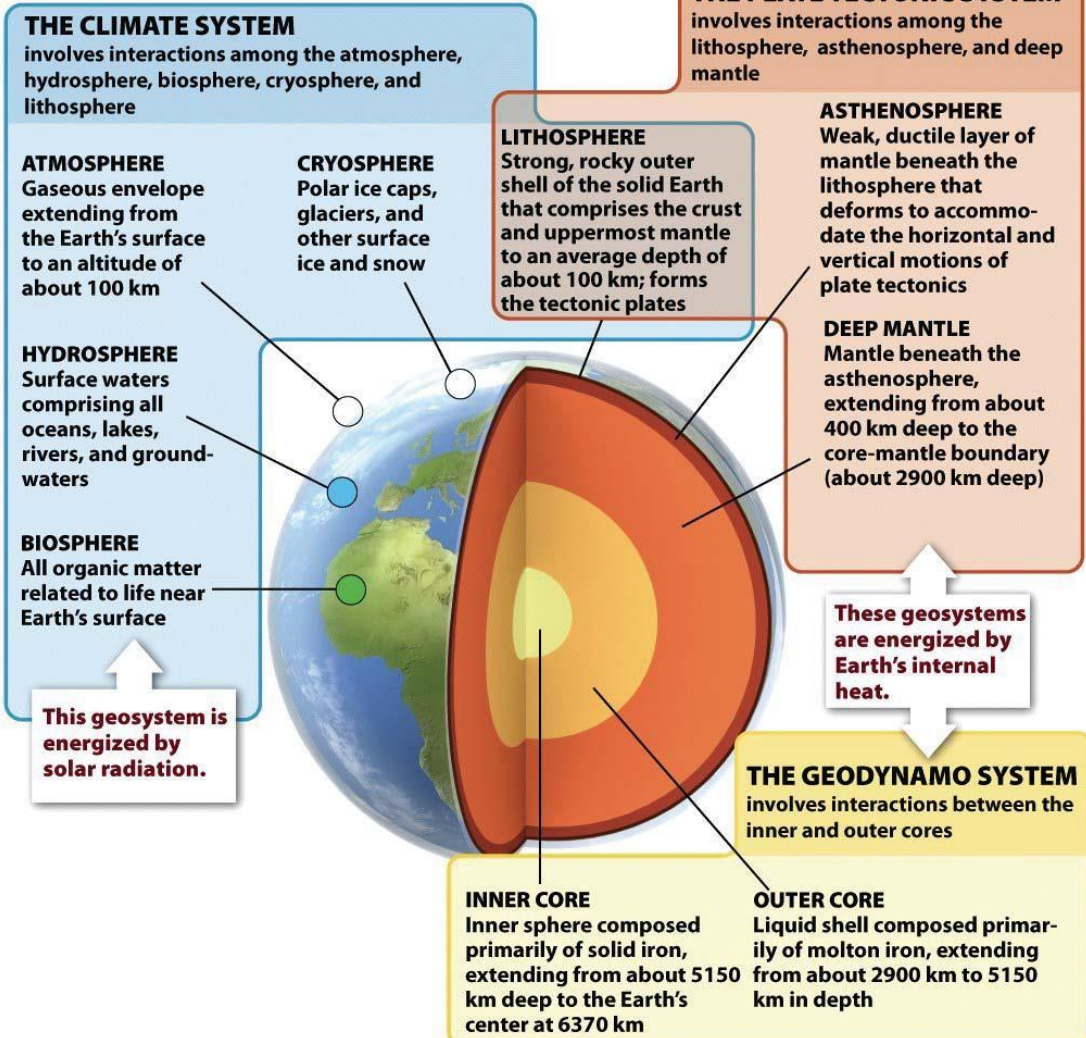
$$= \frac{1}{2} \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$$

K bulk modulus, μ shear modulus

- $V_s < V_p$
- $V_s = 0$ if $\mu = 0$ (fluids)







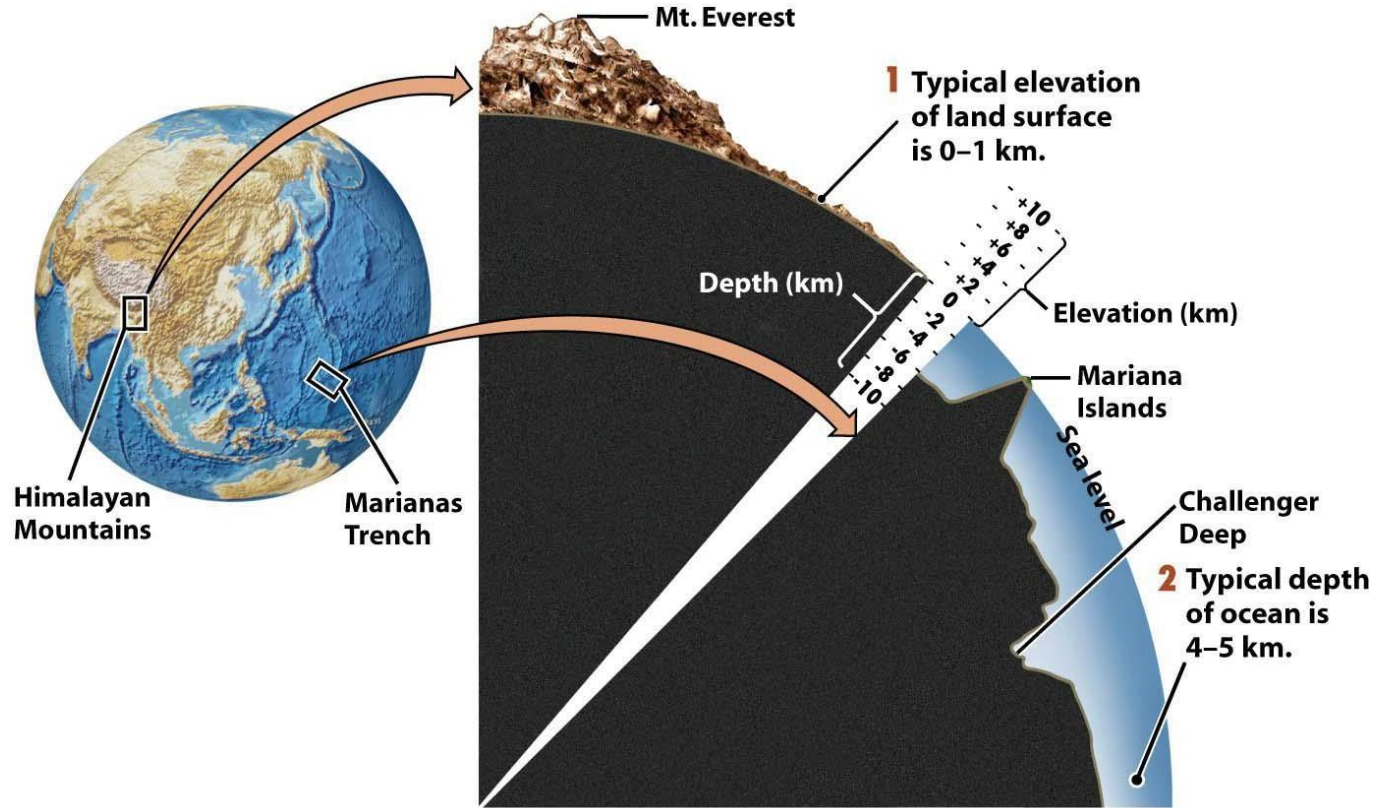
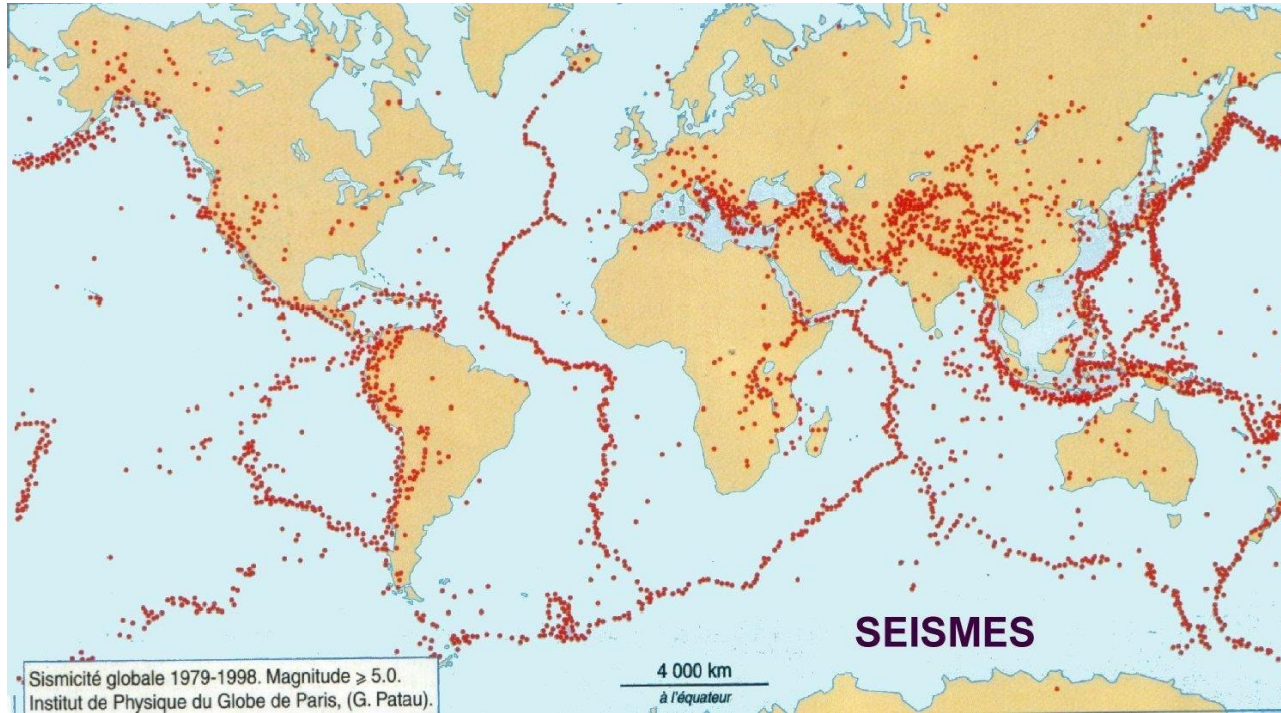


Figure 1-3
Understanding Earth, Fifth Edition
© 2007 W. H. Freeman and Company

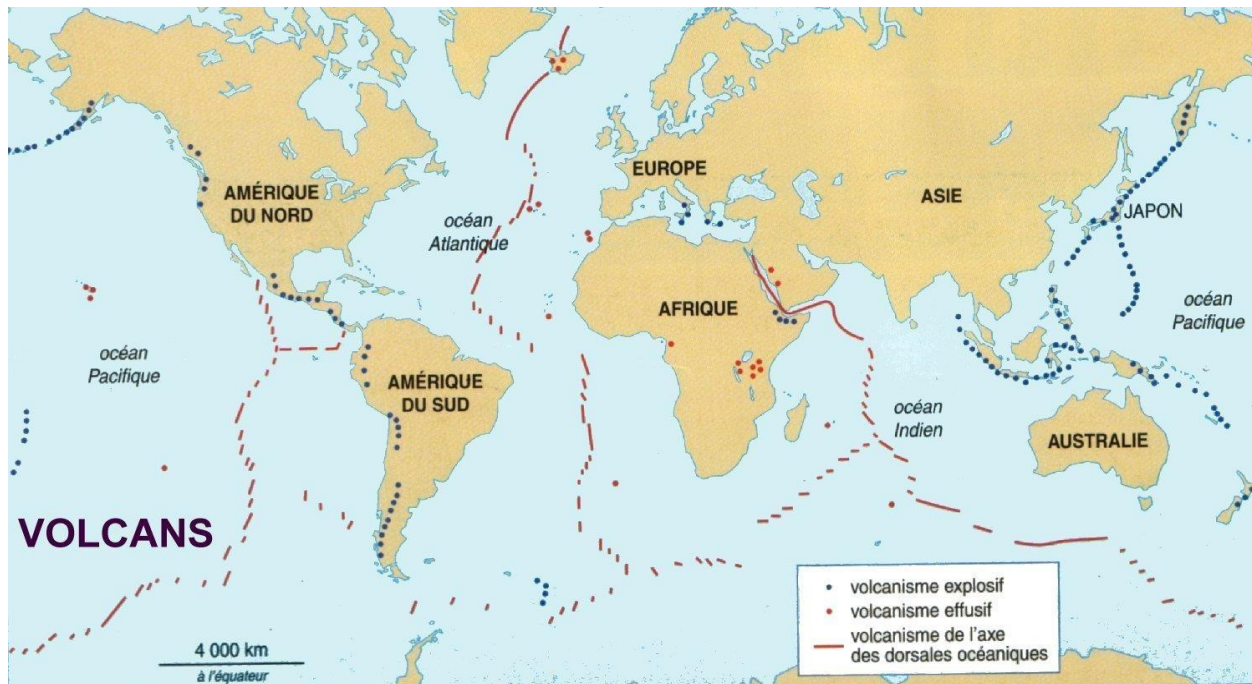
Rappel de tectoniques des plaques



- La tectonique des plaques est un modèle scientifique expliquant la dynamique globale de la lithosphère terrestre.
- Ce modèle théorique a été constitué à partir du concept de dérive des continents, qui fut développé par Alfred Wegener au début du XXème siècle.
- Ces plaques ont des mouvements relatifs différents, ce qui génère différents types de limites entre elles : convergentes, divergentes ou transformantes.
- Au niveau de ces limites, de nombreux phénomènes géologiques : séismes, activités volcaniques et formation de chaînes de montagnes ou de fosses océaniques.
- Le mouvement relatif latéral varie d'une plaque à l'autre et est compris entre 0 à 100 mm/an.



Les seismes



Le volcanisme

Premières évidences et preuves modernes de la tectonique des plaques

- **Edward Suess (18ème S.):** note des similarités entre les fossiles de la fin du paléozoïque.
- **Wegener (1912-1915):** hypothèse de la dérive des continents → supercontinent Pangée.
 - **Indices géologiques et paléontologiques:** emboîtement des continents (les rivages des continents s'emboîtent), correspondance de chaînes de montagnes, dépôts glaciaires, fossiles identiques sur continents éloignés.
 - **Réception initiale:** rejet par la plupart des géologues, faute de mécanisme explicatif.



Premières évidences et preuves modernes de la tectonique des plaques

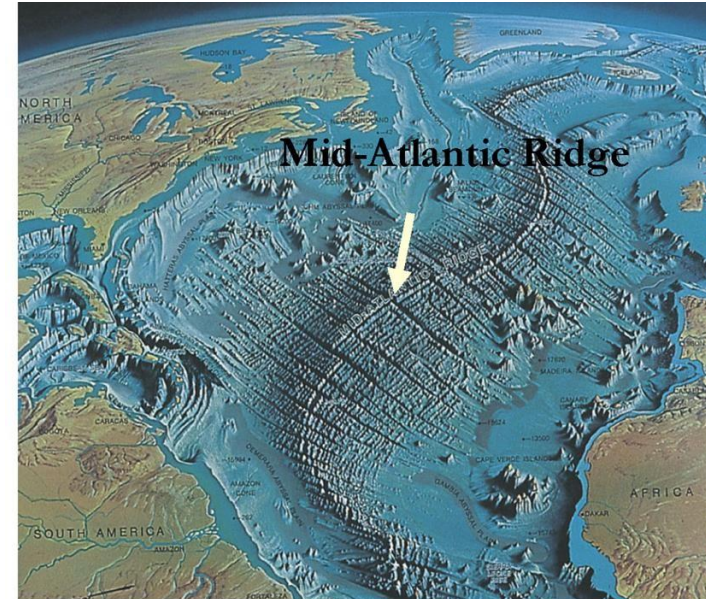
Nouvelles preuves (années 1950–60):

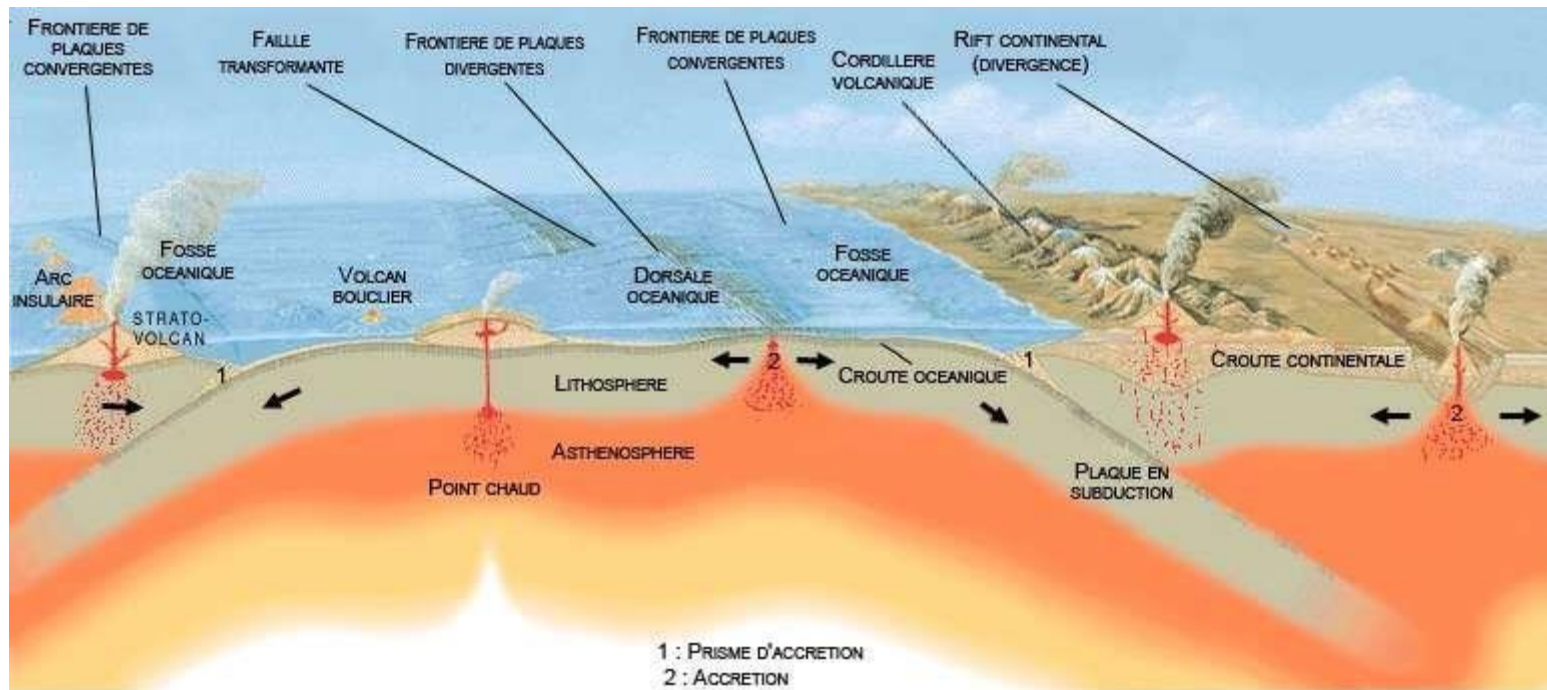
- Cartographie océanique → dorsales médio-océaniques (la plus grande chaîne de montagne au monde: 65000 km).

- **Henri Hess (1962) :**

Théorie de l'expansion des fonds océaniques.

- Les croûtes continentale et océanique bougent ensemble.
- Les fonds océaniques se forment aux dorsales et s'écartent latéralement.
- La convection thermique du manteau entraîne ce mouvement.
- Le magma chaud monte aux dorsales.
- La croûte froide plonge dans le manteau aux fosses.

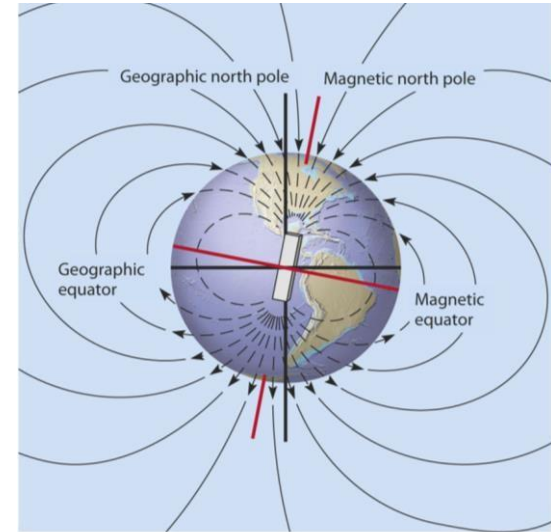




Autres évidences de l'expansion des fonds océaniques



- La Terre agit comme un aimant, dont les pôles coïncident avec les pôles géographiques.
- **Paléomagnétisme** est le magnétisme rémanent des roches anciennes, qui ont enregistrées la direction et l'intensité du champ.
- Quand une roche volcanique refroidit sous la température de Curie, les minéraux ferreux et magnétiques s'alignent avec le champs magnétique.
- Le champ magnétique s'inverse dans le temps (polarité normale ou inverse).

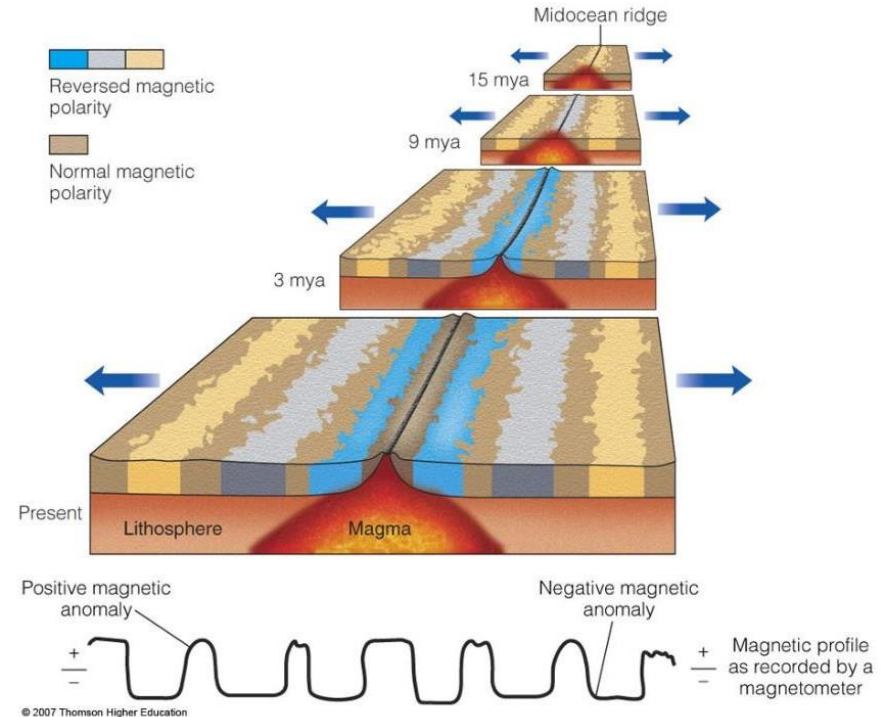


(a)
© 2007 Thomson Higher Education

Autres évidences de l'expansion des fonds océaniques



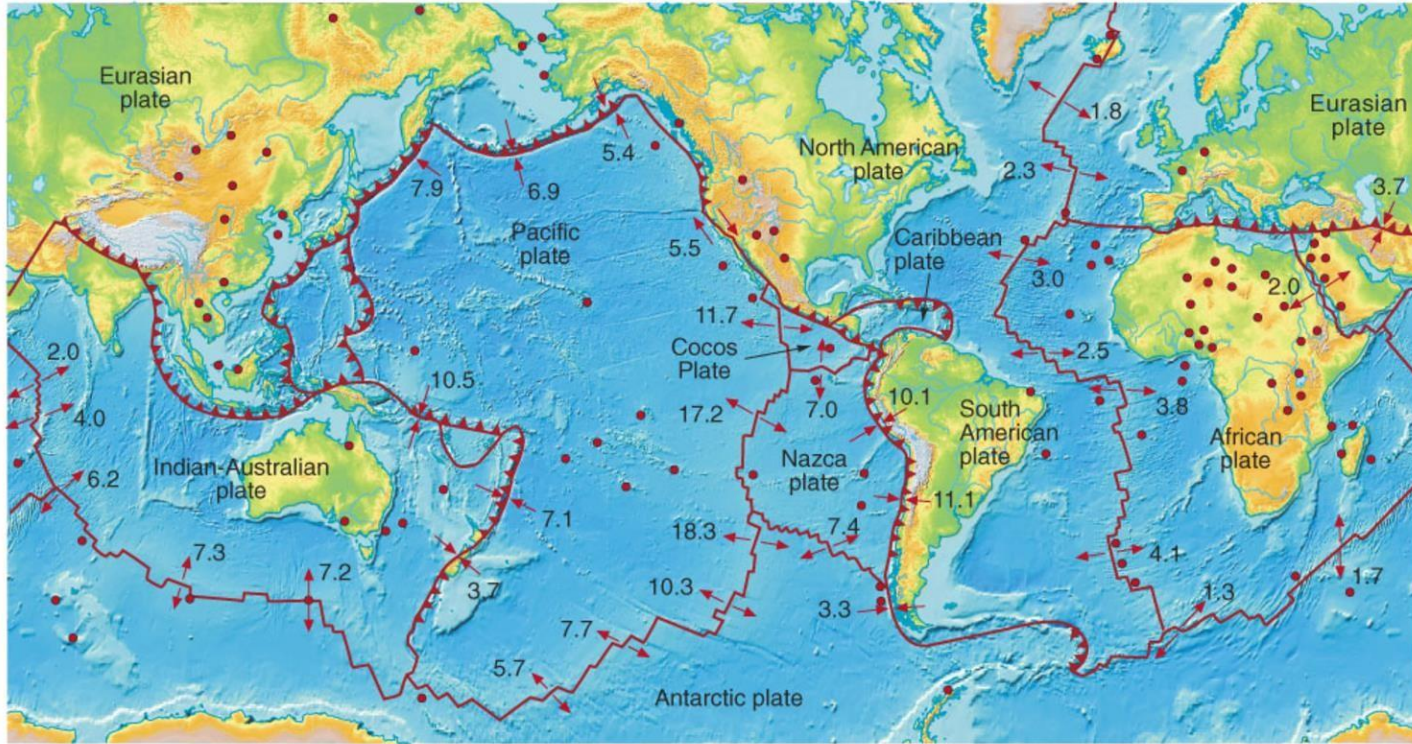
- La cartographie magnétique des fonds marins révèle des bandes symétriques de polarité alternée de part et d'autre des dorsales, confirmant la création de croûte océanique jeune (< 180 Ma) aux dorsales et sa destruction par subduction. La croûte continentale la plus vieille date de 3.96 Ga.





La théorie des plaques tectoniques repose sur un modèle simple:

- La lithosphère est rigide. Elle est composée de la croûte continentale, la croûte océanique et du manteau supérieur.
- Elle est composée de petites “pièces” appelées plaques tectoniques.
- Avec la croûte continentale, elle peut faire jusqu’à 250 km d’épaisseur.
- Avec la croûte océanique, elle peut faire jusqu’à 100 km d’épaisseur.

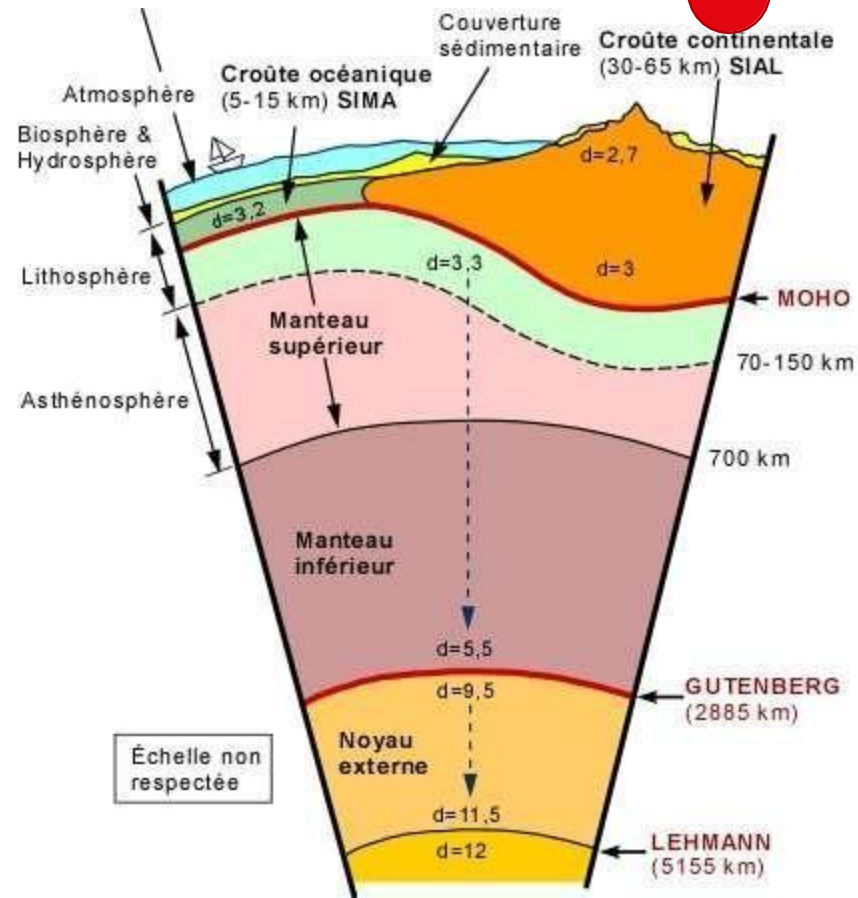


Ridge axis
 Subduction zone
 Hot spot
 Direction of movement

© 2007 Thomson Higher Education

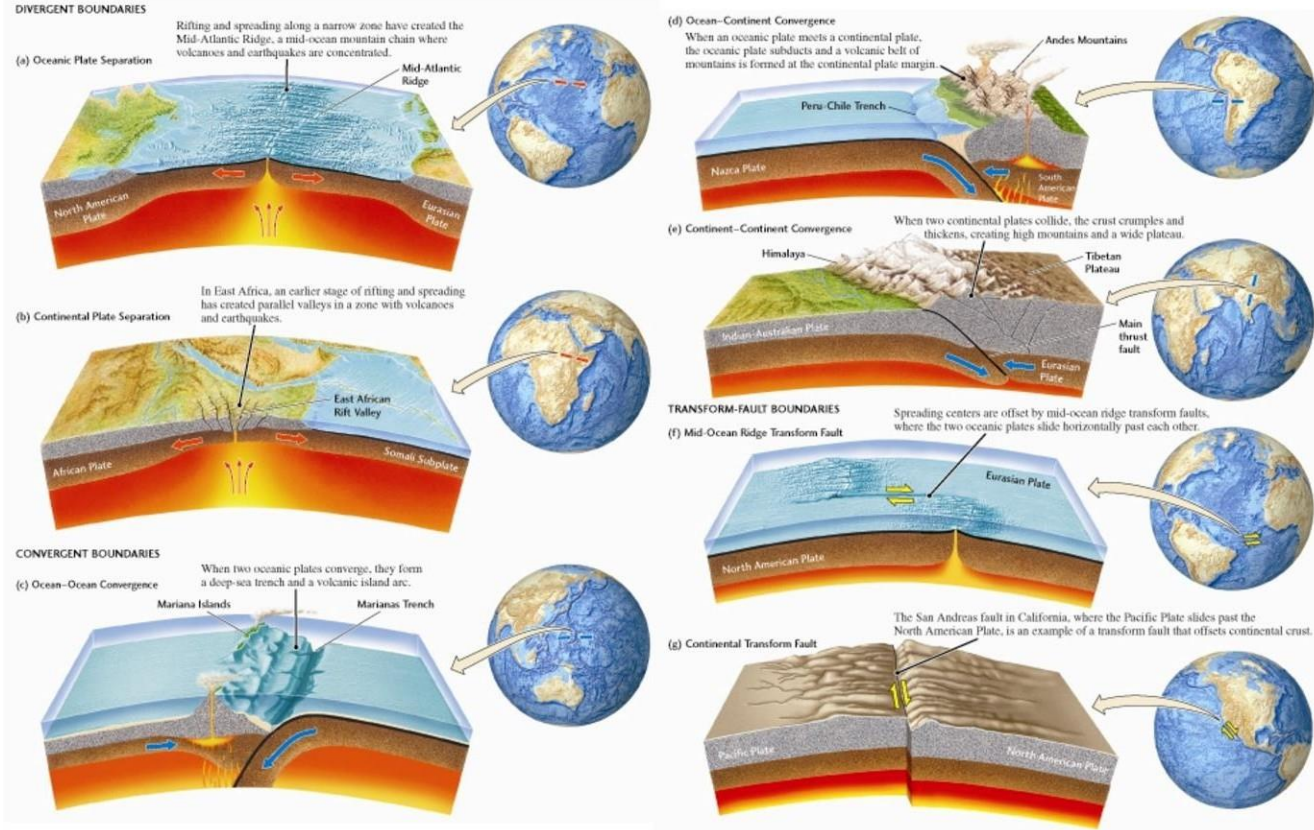
■ Numbers represent average rates of relative movement, cm/yr

- Les plaques tectoniques reposent sur le manteau asthénosphérique, chaud et semi-plastique.
- Le mouvement des plaques est dû à la convection mantellique (dissipation thermique)
 - Elles se séparent aux dorsales océaniques.
 - Elles convergent aux fosses de subduction.





Divergent-, convergent boundaries and transform faults





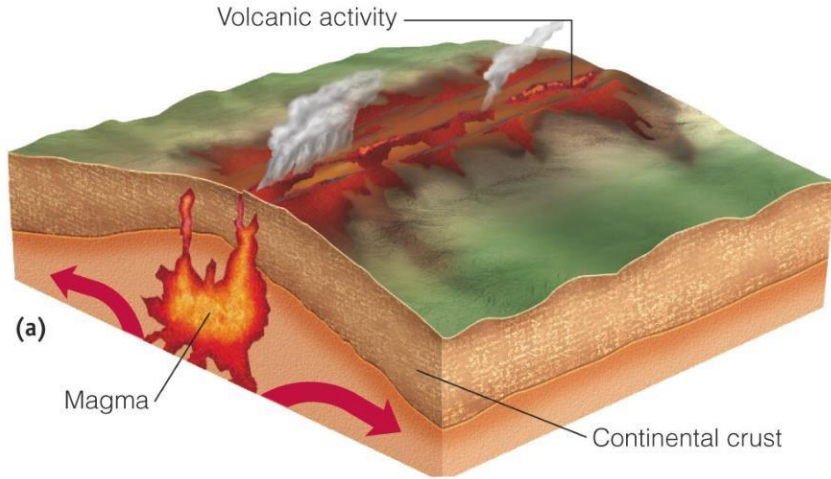
Injections successives de magma:

- refroidir et solidifier
- former une nouvelle croûte océanique
- enregistrer l'intensité et l'orientation du champ magnétique terrestre

Limites divergentes les plus connues se situent le long des crêtes des dorsales océaniques telles que la dorsale médio-atlantique

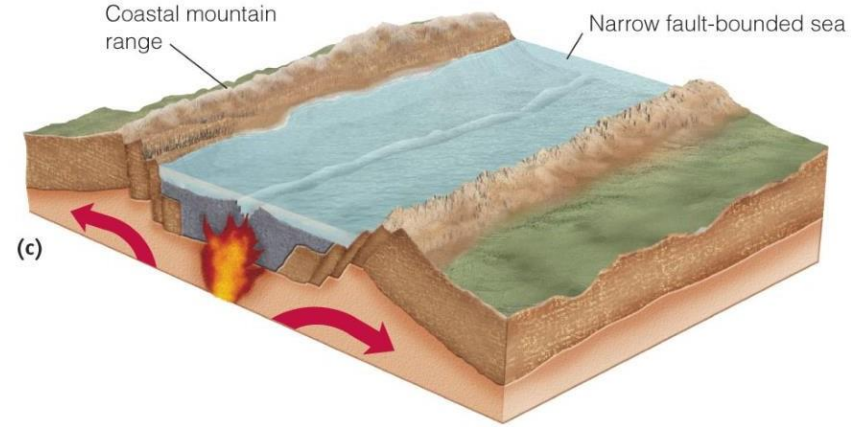
Les dorsales ont :

- une topographie accidentée résultant du déplacement de roches le long de grandes fractures
- tremblements de terre peu profonds



© 2007 Thomson Higher Education

- Des frontières divergentes sont également présentes sous les continents au début de rupture continentale.
- Sous un continent le magma jaillit et la croûte est bombée, étirée et amincie.

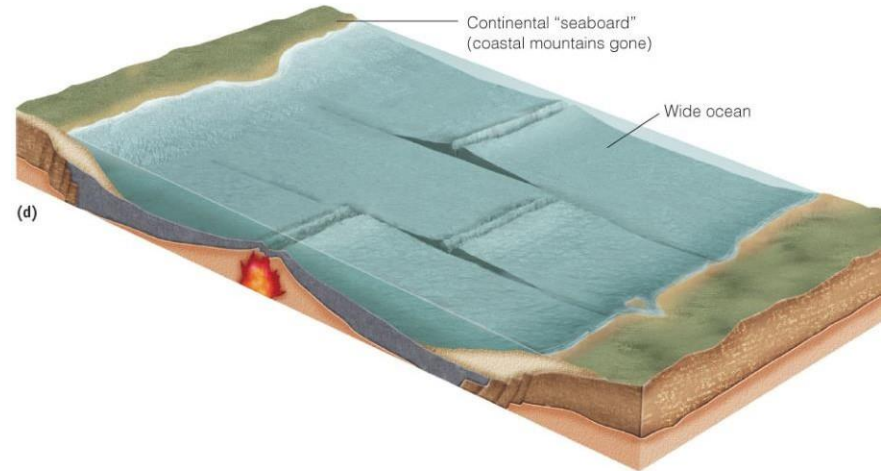


© 2007 Thomson Higher Education

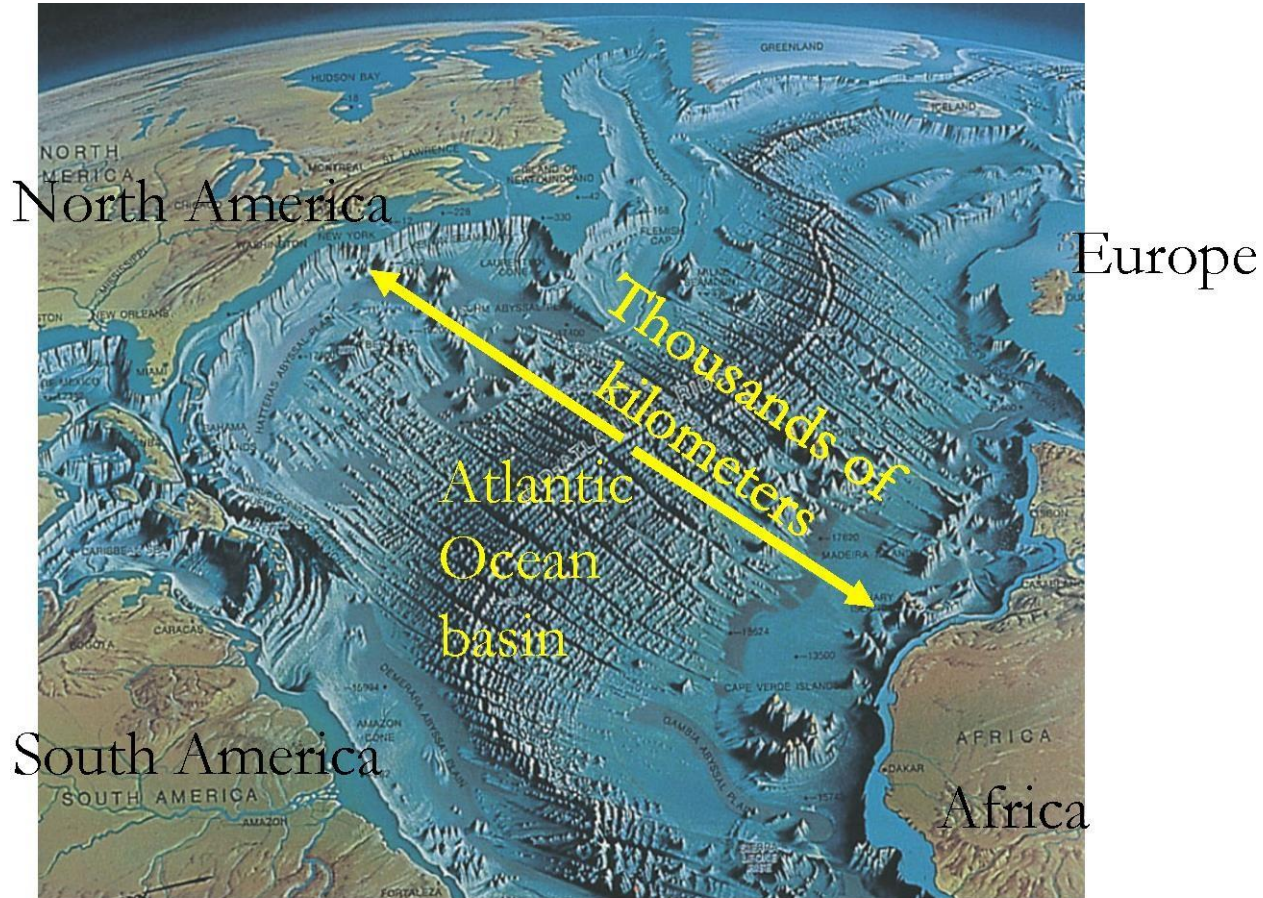
- L'étirement de la croûte produit des fractures et des vallées = rift.
- Exemple : Vallée du Rift est-Africain



- Au fur et à mesure que l'extension progresse, certaines vallées du rift continuent de s'allonger et de s'approfondir jusqu'à ce que la croûte continentale finisse par se briser.
- Une mer étroite et linéaire est formée, séparant deux continents.
- Exemples : mer Rouge, Atlantique



EPFL Frontières divergentes





- L'ancienne croûte océanique est détruite aux frontières convergentes de sorte que la surface de la Terre reste la même.
- Lorsque une plaque océanique et une plaque continentale entrent en collision, la subduction se produit.
- La plaque subductée est chauffée et incorporée dans le manteau.



Les frontières convergentes se caractérisent par :

- déformation
- volcanisme
- formation de montagnes
- métamorphisme
- activité sismique
- gisements de minéraux précieux

Les frontières convergentes sont de trois types :

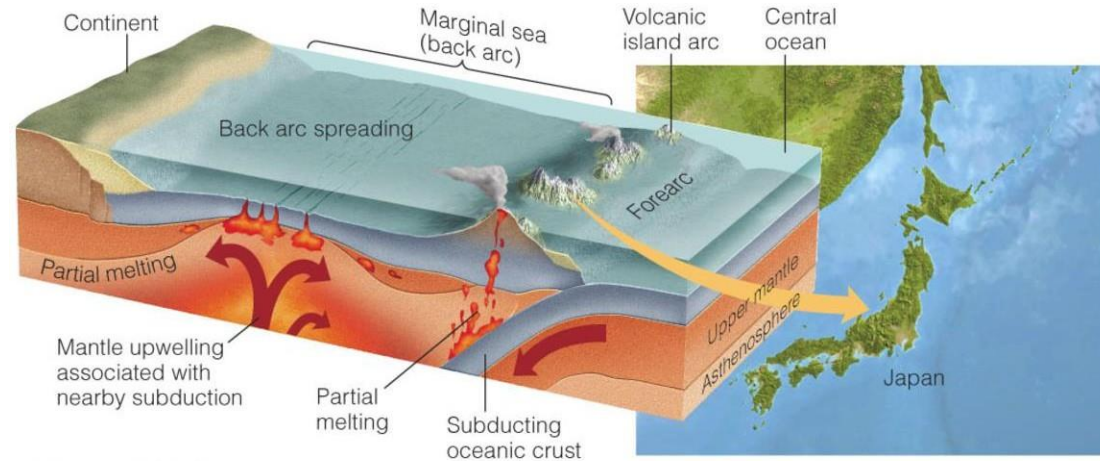
- océan - océan
- océan - continent
- continent - continent

▪

Convergence: Océan-Océan

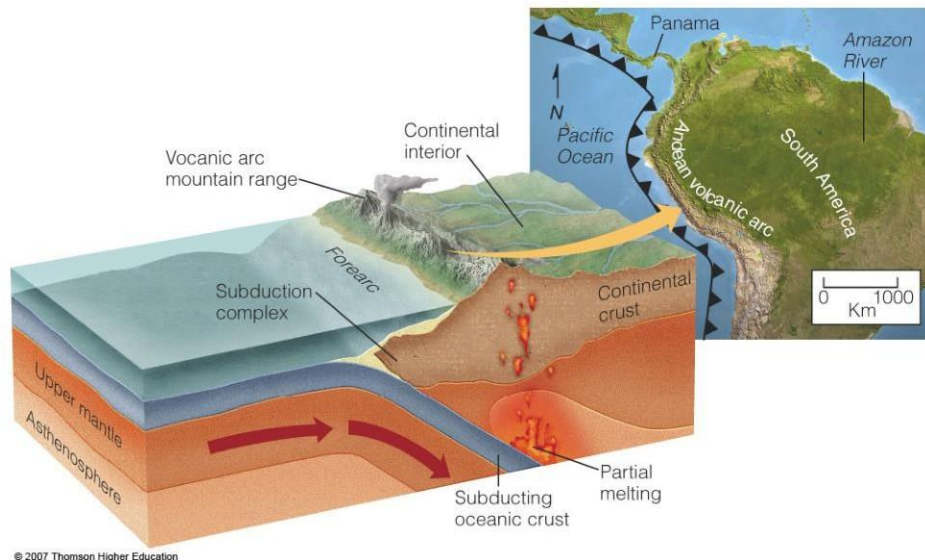


- Lorsque deux plaques océaniques convergent, l'une est subductée sous l'autre le long d'une interface océan-océan.
- La limite forme une fosse océanique et un arc volcanique.



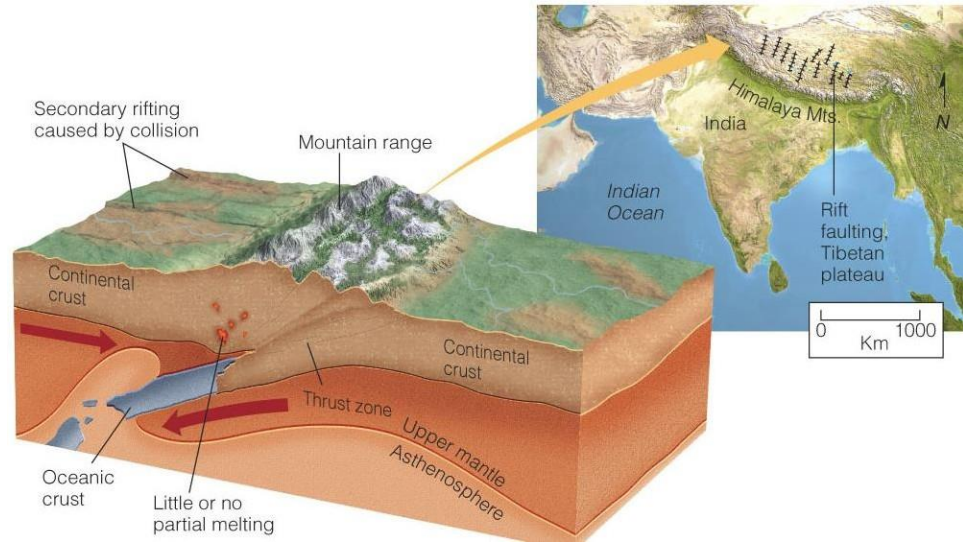
Il y a une limite convergente entre les plaques océaniques et continentales:

- Lorsqu'une plaque océanique plus dense subducte sous une lithosphère continentale moins dense.
- Le magma généré par la subduction perfore la croûte continentale pour former de grands corps ignés (=pluton = intrusion magmatique).
- Formation de volcans à lave andésitique.
- Exemple : Andes





- Deux continents sont initialement séparés par un océan, qui a été subducté sous l'un d'eux.
- Quand deux continents entrent en collision, la lithosphère ne peut pas subduire. Sa densité est trop faible (même si un continent peut glisser partiellement sous l'autre).
- Formation d'une chaîne de montagne (métamorphisme, déformation des roches, intrusion plutonique)





- Une orogenèse est un épisode de déformation rocheuse intense et de formation de montagnes
- Elle résulte des forces de compression liées aux mouvements des plaques tectoniques
- Pendant la subduction, les roches sédimentaires et volcaniques sont pliées et fracturées en limite de plaque.
- La plupart des orogénèses se produisent le long des limites océan-continent ou des limites continent-continent.

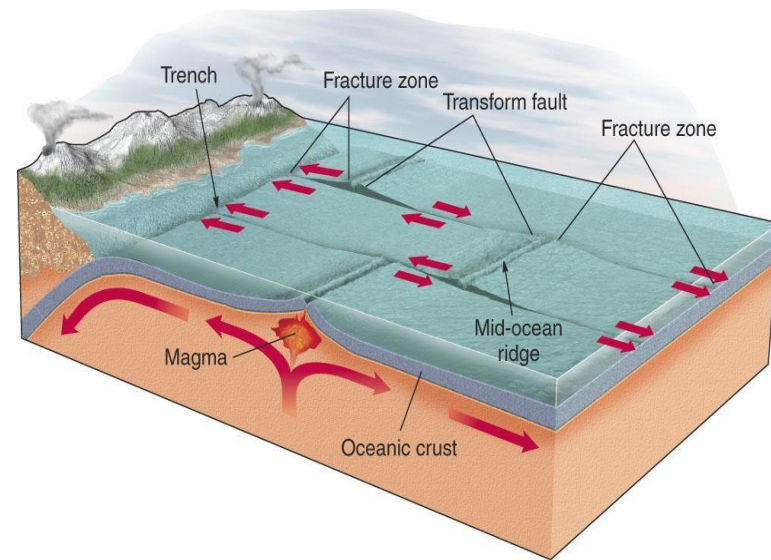
Le troisième type de limite de plaque est une limite transformante.

Les plaques glissent latéralement l'une par rapport à l'autre et à peu près parallèlement à la direction de mouvement de la plaque .

Le mouvement se traduit par:

- zone de roches intensément fragmentées
- nombreux tremblements de terre peu profonds

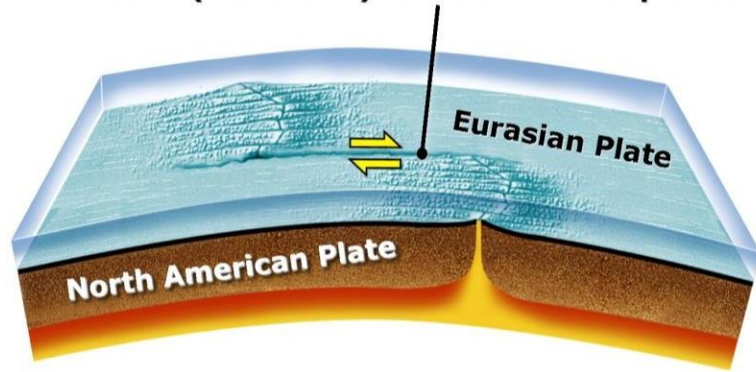
La majorité des failles transformantes relie deux dorsales océaniques: segments



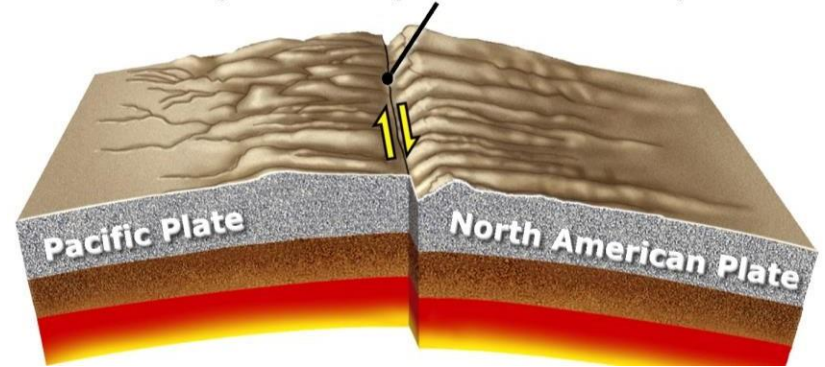
Frontières transformantes



lateral (transform) faults and earthquakes

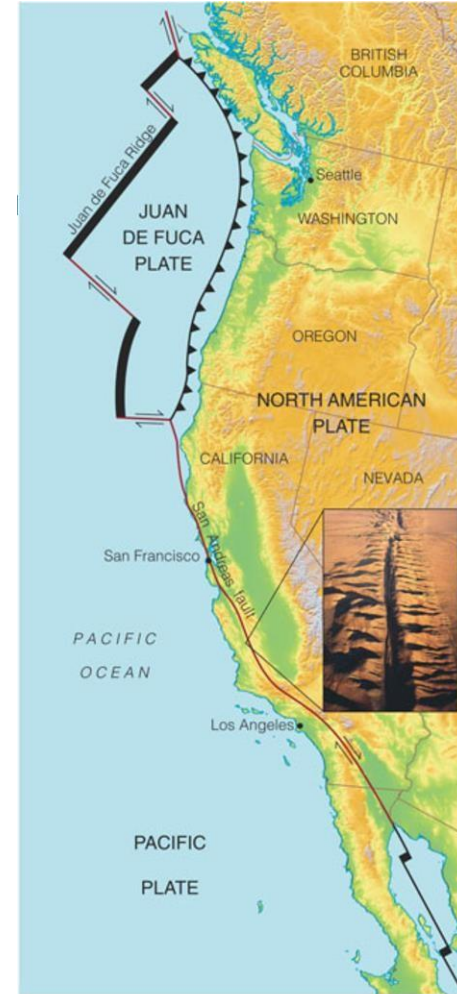


lateral (transform) fault and earthquakes






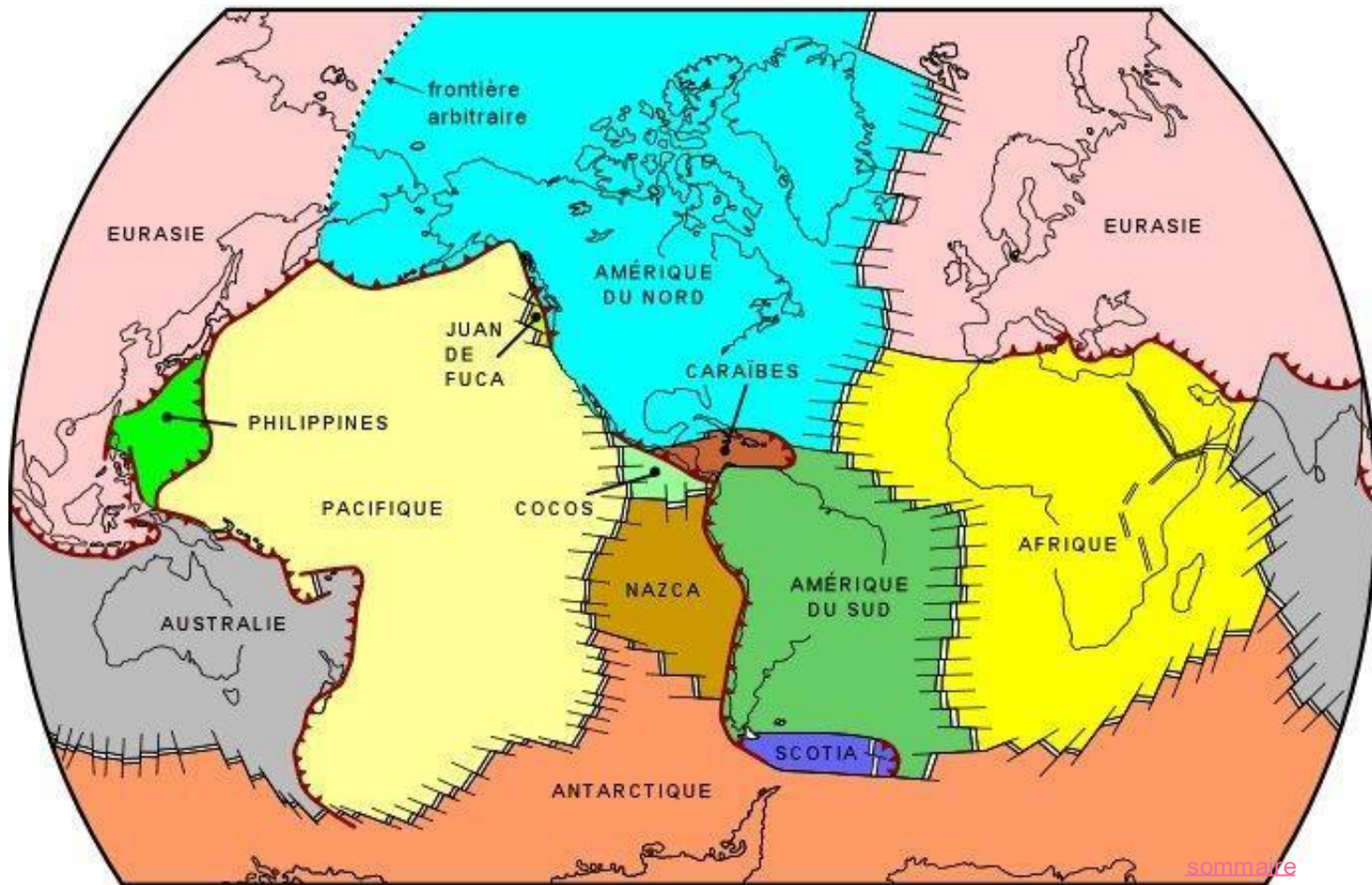
Frontières transformantes

- Exemple de la faille de San Andreas, Californie.
- Sépare la plaque Pacifique de la plaque nord Américaine.
- Connecte les dorsales (golf de Californie + plaque Juan de Fuca)
- Beaucoup de tremblements de terre en Californie proviennent de cette faille





 limites divergentes
  limites convergentes
  limites transformantes



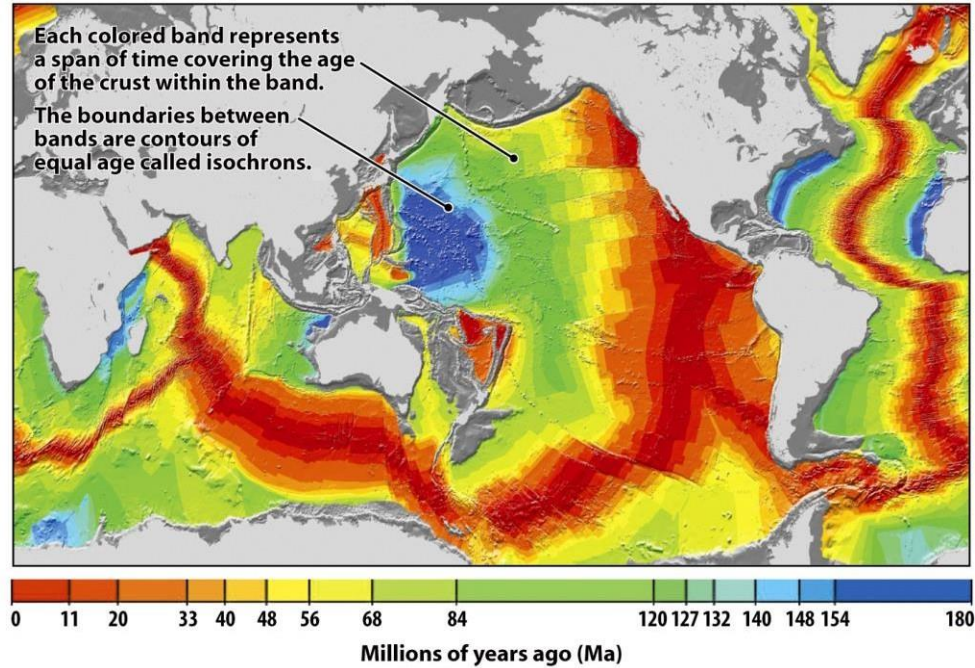
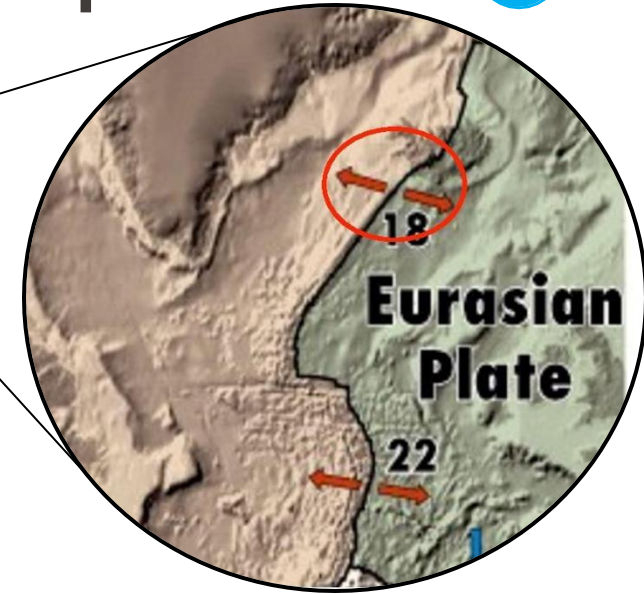
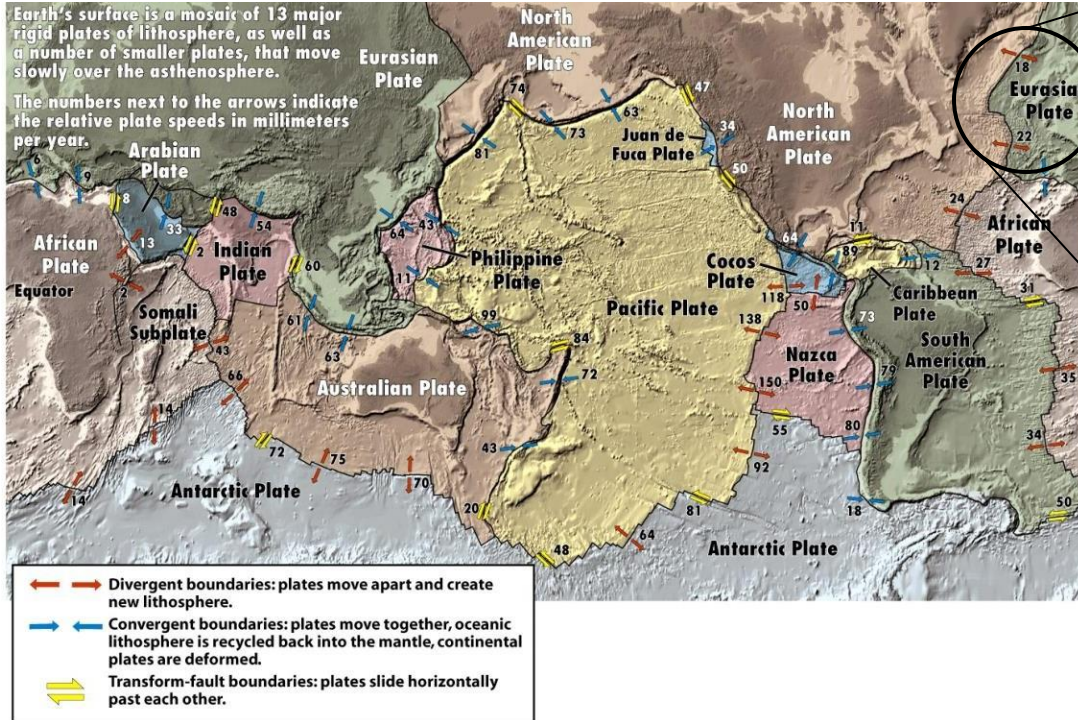


Figure 2.15

Magnetic isochrons on the seafloor date the oceanic crust

Vitesse des plaques tectoniques

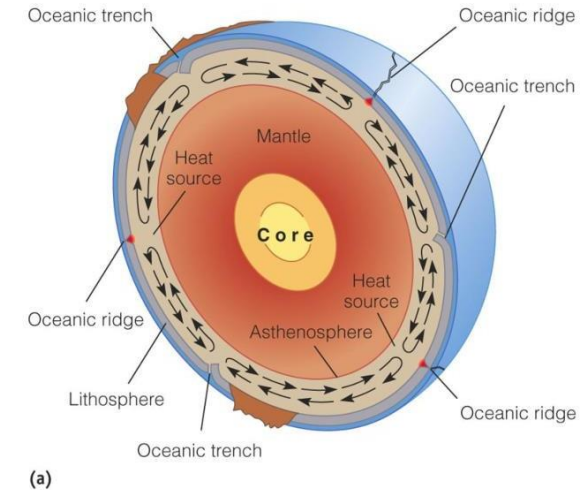


- Velocity of seafloor spreading = d / t

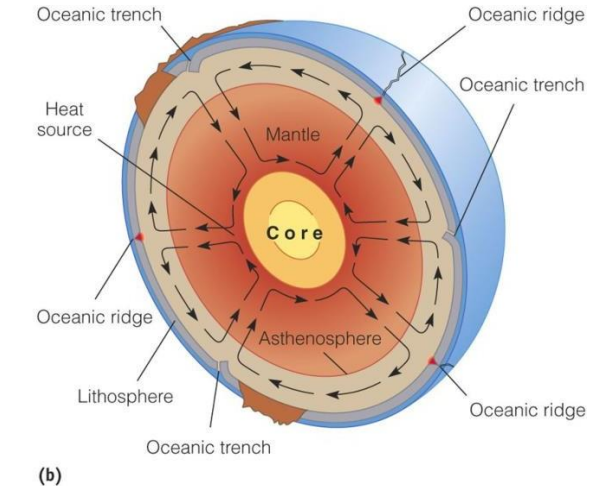
Mécanisme de la tectonique des plaques



- Convection mantellique de l'asténosphère ou du manteau entier



© 2007 Thomson Higher Education

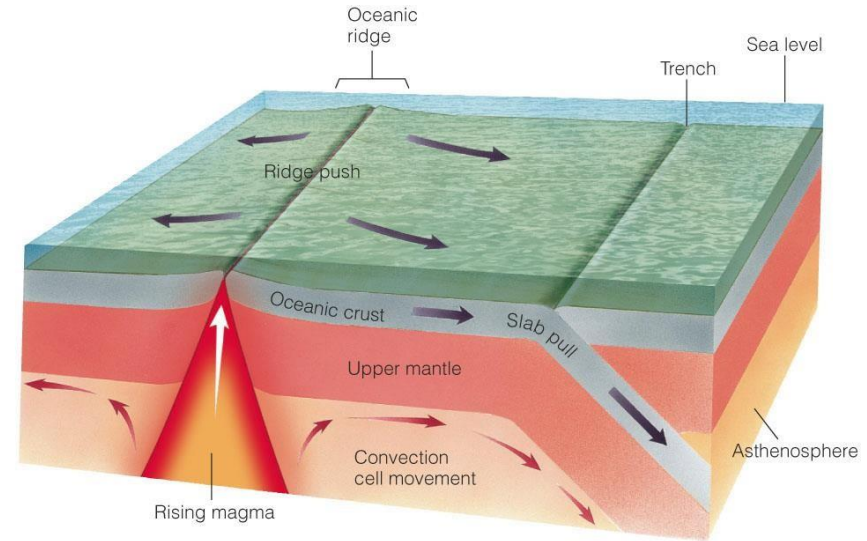


© 2007 Thomson Higher Education

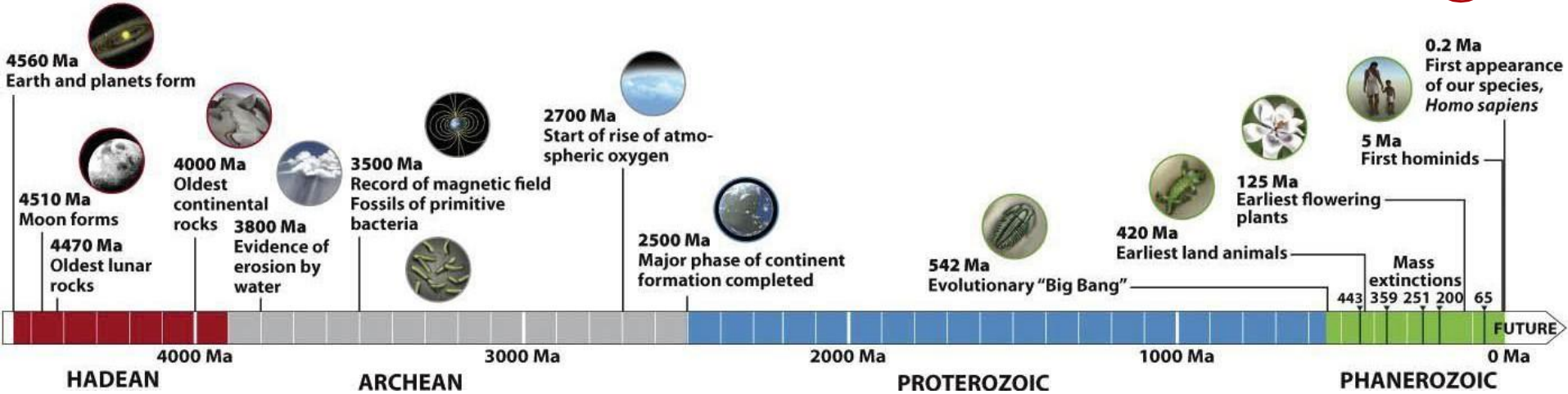
Mécanisme de la tectonique des plaques



- En plus d'un système de convection thermique, certains géologues pensent que le mouvement peut être facilité par Le «slab-pull» et le «Ridge-push».



La terre dans le temps



- 4.56 Ga: Formation du système solaire
- 3.5 Ga: Champ magnétique, premier fossile
- 2.7 Ga: Oxygène augmente dans l'atmosphère
- 2.5 Ga: Formation des continents
- 2-1 Ga: Vie plus complexe (algue)
- 600 Ma: Premier animaux
- 542 Ma: Explosion de la vie
- 443 Ma: Première extinction
- 420 Ma: Premiers animaux terrestres
- 359, 251, 200 Ma: Extinctions
- 125 Ma: Plantes à fleur
- 65 Ma: Dernière extinction
- 5 Ma: Premiers hominoïdes
- 200 ka: *Homo sapiens*

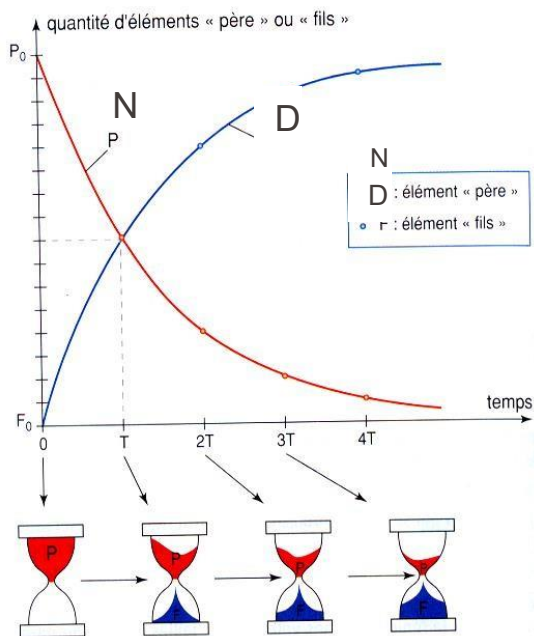


- Méthodes radiochronologiques (âge absolu sur roche cristalline ou métamorphique)
- Méthodes stratigraphiques (âge relatif)
- Méthodes paléontologiques (âge biologique)
- Paléomagnétisme (lave océan)

Datation absolue: Radiochronologie

- Certains isotopes se désintègrent au cours du temps en suivant une loi exponentielle

Élément père \longrightarrow Élément fils



$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{Avec } \lambda = \ln 2 / T_{(1/2)}$$

$$T_{(1/2)} = \text{demi-vie}$$

- $C^{14} = 5,730$ ans
- $U^{238} = 4,500,000,000$ ans
- $Rb^{87} = 47,000,000,000$ ans

Datation absolue: Radiochronologie



- L'échantillon n'ait pas fait d'échange avec l'extérieur.
- L'élément fils doit rester dans la roche et il ne doit pas y avoir d'apport extérieur, l'élément père résiduel ne doit pas quitter la roche et il ne faut pas d'apport extérieur de l'élément père. On dit alors que le système est clos ou fermé. La fermeture du système identifie le démarrage du chronomètre naturel (cristallisation au métamorphisme)
- On ne peut pas dater les roches sédimentaires car pour ces roches, il y a toujours des échanges avec le milieu extérieur.

Exercise 3

- En creusant une fouille pour une fondation dans un versant, on pénètre dans une masse de débris de roche emballées dans une matrice argileuse. Dans la masse, on trouve des restes d'un arbuste qu'on échantillonne pour dater au C14. On obtient un carbone résiduel correspondant à 17% de la quantité initiale.
- Quel est l'Age de l'arbuste?
- Comment ce fait-il que ce tronc ait été retrouvé dans cette fouille?
- Que cela signifie-t'il pour l'ingénieur qui est responsable de la construction?

- $N_t = N_0 e^{-\lambda t}$
- Avec $\lambda = \ln 2 / T_{(1/2)}$
- $T_{C^{14}} = 5,730$ ans
- $0.17 = -t * \ln(2) / 5730$
- $-5730 / \ln(2) * \ln(0.17) = 14\ 648$ ans



Datation relative

Notion de stratigraphie

- Les couches se déposent horizontalement, toute déformation est ultérieure au dépôt.
- A une époque donnée, il se crée le même sédiment dans tous les points d'un bassin: continuité latérale.
- Les couches sédimentaires les plus basses sont plus anciennes que celles qui les remontent: principe de superposition
- Une structure (plis, faille, intrusion magmatique) qui en affecte une autre est plus récente que celle qu'elle affecte: principe d'intersection
- Si une roche détritique contient des particules provenant d'une roche reconnaissable, cette dernière roche lui est antérieure. (principe d'inclusion)
- Exception au principe de superposition (intrusion magmatique, terrasse fluviales emboîtées, successions inverse en raison d'une déformation postérieure)
- Lacune = absence d'information correspondant à un intervalle de temps donné dans une succession d'événements géologiques (érosion ou sédimentation interrompue)

- Niveau stratigraphique → niveau temporel à un instant t de l'histoire géologique

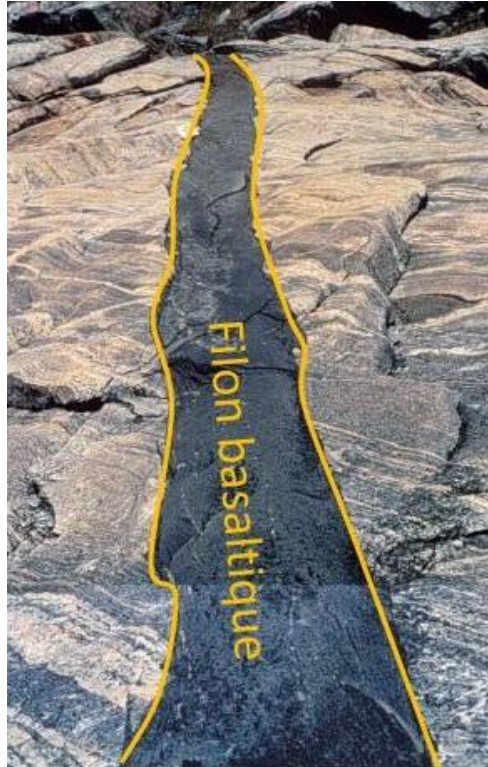


+ jeune

Instant t

+ vieux





Principe d'inclusion



Exemple



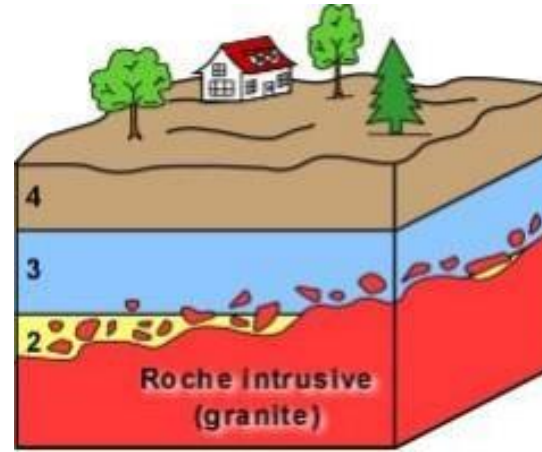
Erosion

Pas ou peu de dépôts

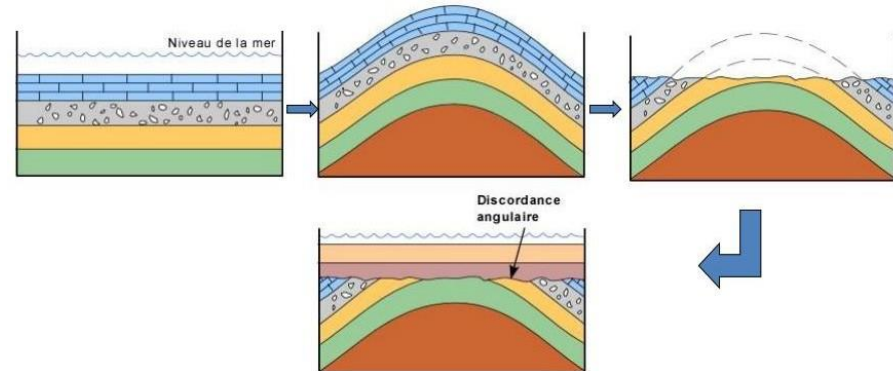
Dépôts dans le lac

Pas ou peu de dépôts

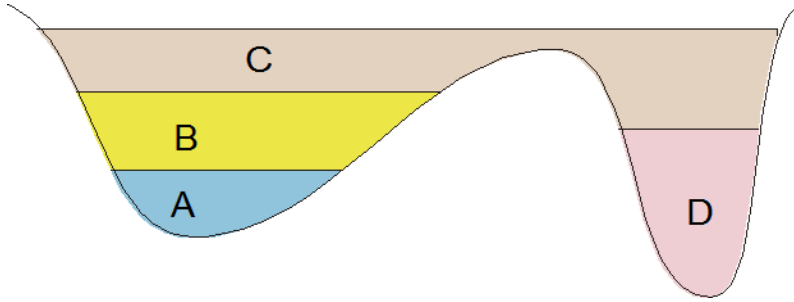
- Discordance érosion



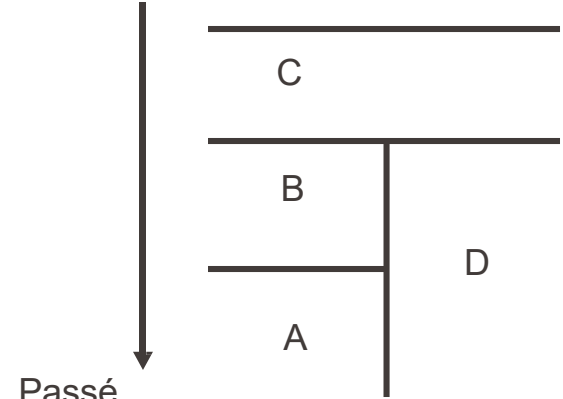
- Discordance angulaire



Exemple 1



Présent



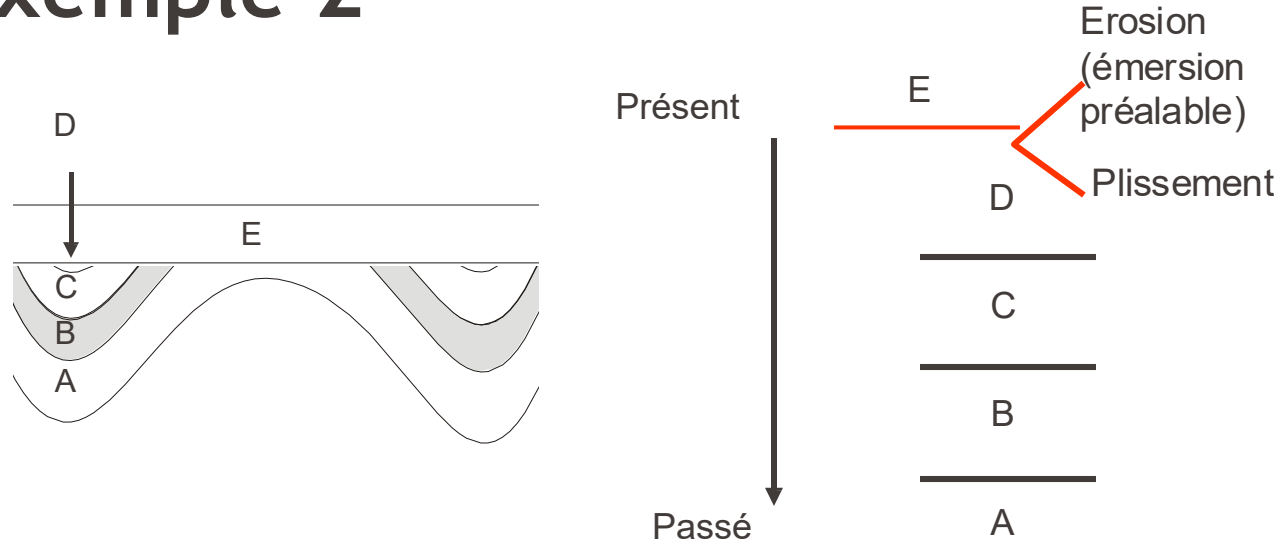
Passé

On ne peut pas dater D par rapport à A et à B

- Quand deux roches sédimentaires sont superposées, la plus profonde est la plus ancienne

■

Exemple 2

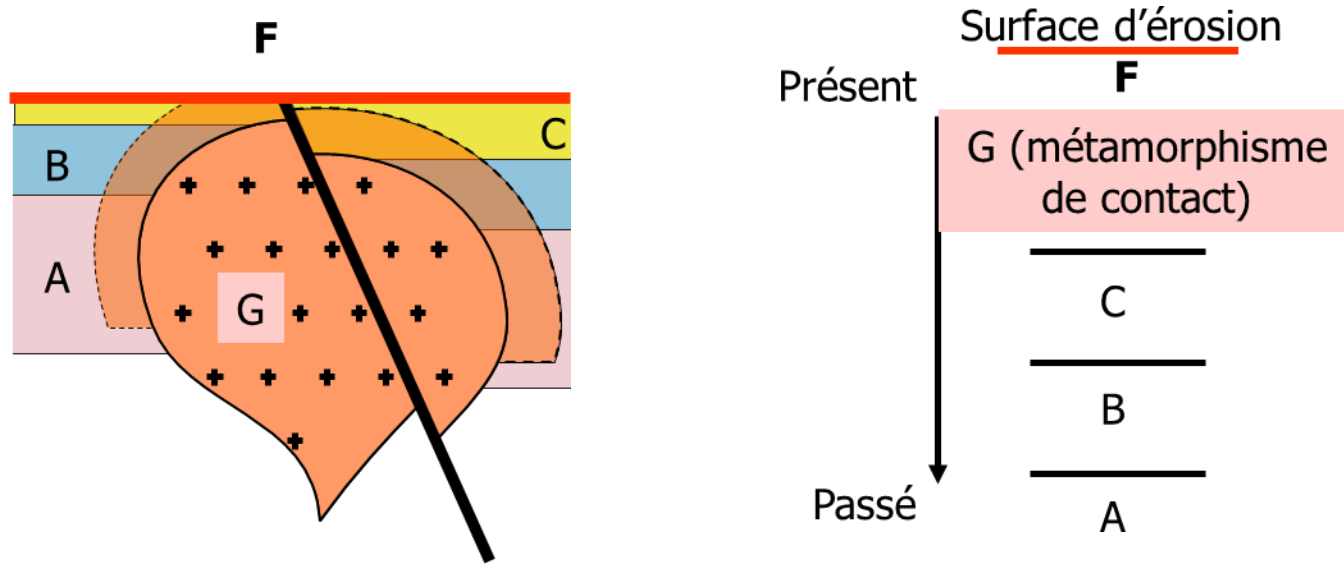


- ABCDE sont des couches sédimentaires
- Le plissement affecte les couches ABCD.

Il est donc postérieur

- La surface d'érosion tranche les plis. Elle est donc postérieure aux plis qu'elle affecte.
- La couche E recouvre la surface d'érosion. Elle est donc postérieure.

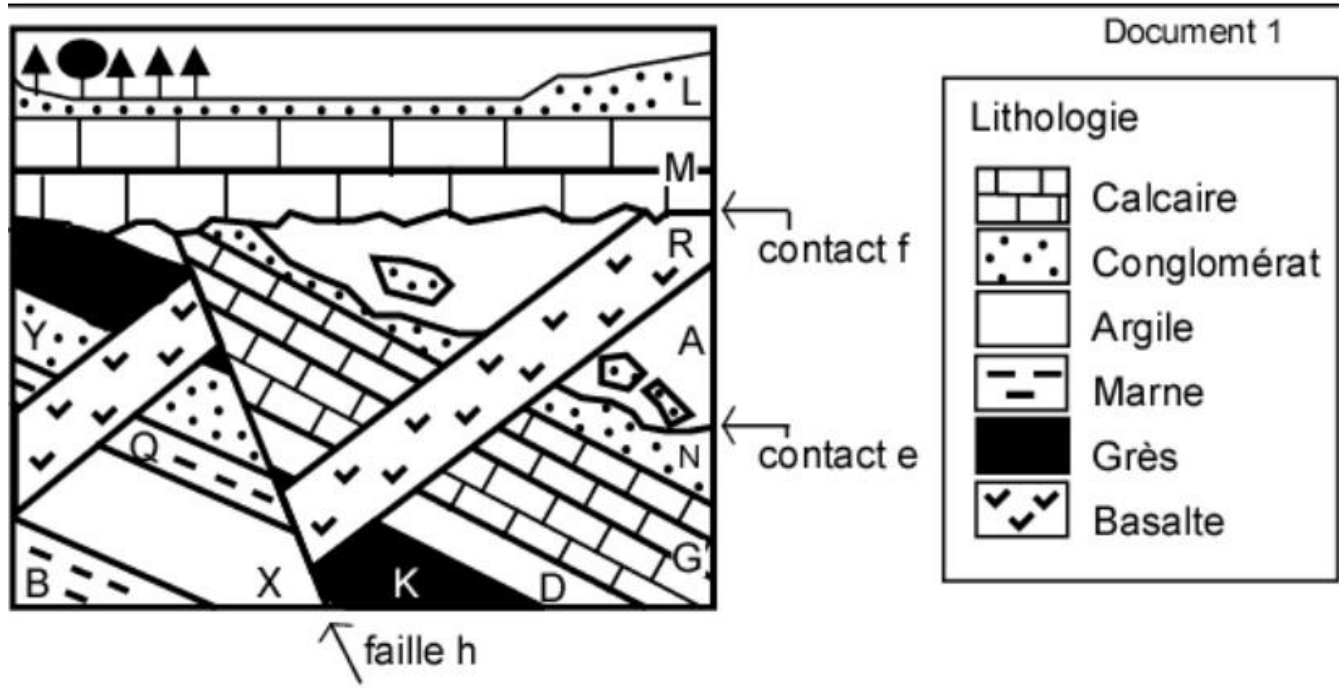
Exemple 3



- ABC sont des couches sédimentaires.
- G est un pluton granitique. La zone de cuisson (= thermo métamorphisme = métamorphisme de contact) affecte les couches ABC.
- La faille recoupe le pluton et les strates ABC.
- La surface d'érosion recoupe la faille.

Exercice 4

- Retrouver... - l'ordre chronologique des événements - La nature des contacts e et f - Le type de faille de « h »



Correction

- Ordre chronologique des événements:
 - - La nature des contacts e et f
 - - Le type de faille de « h »
 - B, X, Q, Y, K, D, G, N, e, A, R, h, f, M, L.
 - e = lacune par érosion; f = discordance angulaire
 - h = faille normale

- Les roches sédimentaires contiennent souvent des fossiles
- Ces fossiles sont les restes ou les empreintes d'êtres vivants morts au moment de la formation des roches sédimentaires.
- Des espèces vivantes qui ont eu une durée d'existence relativement brève au cours des temps géologiques et qui ont eu une forte extension géographique sont donc de bons marqueurs temporels. On les appelle fossiles stratigraphiques.

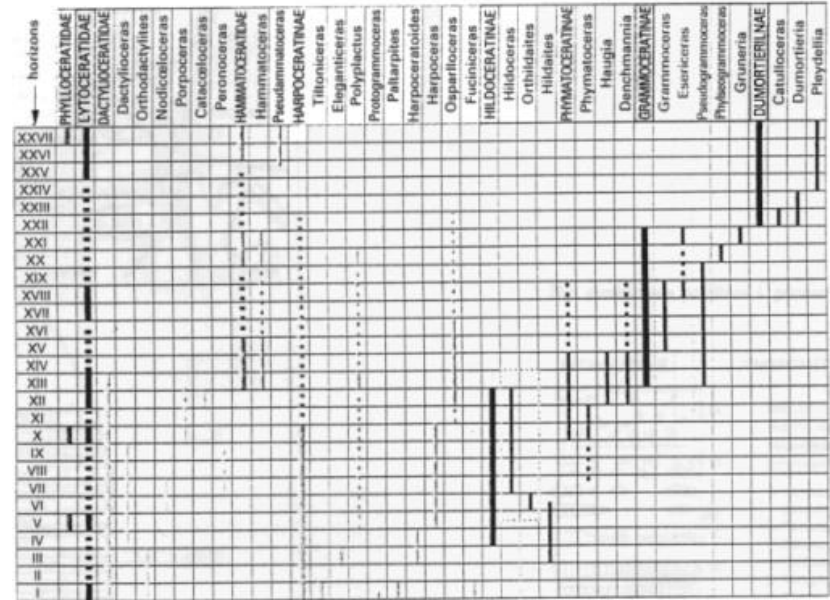


Rostre de Belemnites

Méthodes Paléontologiques



- Les différentes couches sédimentaires ne possèdent pas les mêmes fossiles et on a pu ainsi associer un âge relatif à chaque couche possédant une association de fossiles définie. On a ainsi construit l'échelle stratigraphique internationale des temps géologiques
- Ainsi, des couches très éloignées géographiquement mais qui possèdent les mêmes fossiles stratigraphiques sont de même âge.





eonem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene		0.0117	▶
			Upper	"Ionian"	0.126	
				Calabrian	0.781	
			Pleistocene	Gelasian	1.808	
					2.588	▶
				3.600	▶	
		Neogene	Pliocene	Zanclean	5.332	▶
				Messinian	7.246	▶
				Tortonian	11.608	▶
				Serravalian	13.82	▶
				15.97	▶	
	Miocene		Burdigalian	20.43	▶	
			Aquitanian	23.03	▶	
			Chatian	28.4 ± 0.1		
			Rupelian	33.9 ± 0.1		
			Priabonian	37.2 ± 0.1		
	Paleogene	Eocene	Bartonian	40.4 ± 0.2		
			Lutetian	48.6 ± 0.2		
			Ypresian	55.8 ± 0.2		
			Thanetian	58.7 ± 0.2		
			Selandian	~ 61.1		
		Paleocene	Danian	65.5 ± 0.3		
			Maastrichtian	70.6 ± 0.6		
			Campanian	83.5 ± 0.7		
			Santonian	85.8 ± 0.7		
			Coniacian	~ 88.6		
	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Turonian	93.6 ± 0.8	
				Senomanian	99.6 ± 0.9	
				Albian	112.0 ± 1.0	
				Aptian	125.0 ± 1.0	
				Barremian	130.0 ± 1.5	
			Lower	Hauterivian	~ 133.9	
				Valanginian	140.2 ± 3.0	
Berriasian				145.5 ± 4.0		

eonem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ± 4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ± 4.0	
				Oxfordian	~ 155.6	
				Callovian	161.2 ± 4.0	
				Bathonian	164.7 ± 4.0	
			Middle	Bajocian	167.7 ± 3.5	▶
				Aalenian	171.6 ± 3.0	▶
				Toarcian	175.6 ± 2.0	▶
				Pliensbachian	183.0 ± 1.5	▶
				Sinemurian	189.6 ± 1.5	▶
	Triassic	Lower	Hettangian	196.5 ± 1.0	▶	
			Rhaetian	199.6 ± 0.6		
			Norian	203.6 ± 1.5		
			Carian	216.5 ± 2.0		
			Adrian	~ 228.7		
		Upper	Ladinian	237.0 ± 2.0		
			Anisian	~ 245.9		
			Olenekian	~ 249.5		
			Induan	251.0 ± 0.4		
			Changhsingian	253.8 ± 0.7		
	Paleozoic	Permian	Lopingian	Wuchapingian	260.4 ± 0.7	
				Capitanian	265.8 ± 0.7	
				Wordian	268.0 ± 0.7	
				Roadian	270.6 ± 0.7	
				Kungurian	275.6 ± 0.7	
			Cisuralian	Artinskian	284.4 ± 0.7	
				Sakmarian	294.6 ± 0.8	
				Asselian	299.0 ± 0.8	
				Gzhelian	303.4 ± 0.9	
				Kasimovian	307.2 ± 1.0	
	Carboniferous	Pennsylvanian	Upper	Moscovian	311.7 ± 1.1	
			Lower	Bashkirian	318.1 ± 1.3	
			Upper	Serpukhovian	328.3 ± 1.6	
Middle			Visean	345.3 ± 2.1		
Lower			Tournaisian	359.2 ± 2.5		

eonem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Silurian	Devonian	Famennian	369.2 ± 2.5	▶
				Frasnian	374.5 ± 2.6	
				Givetian	385.3 ± 2.6	
				Eifelian	391.8 ± 2.7	
				Emasian	397.5 ± 2.7	
			Lower	Pragian	407.0 ± 2.8	
				Lochkovian	411.2 ± 2.8	
				Pridoli	416.0 ± 2.8	
				Ludfordian	418.7 ± 2.7	
				Gorsian	421.3 ± 2.6	
	Wenlock	Homerian	422.9 ± 2.5			
		Sheinwoodian	426.2 ± 2.4			
		Telychian	428.2 ± 2.3			
		Aeronian	436.0 ± 1.9			
		Rhuddanian	439.0 ± 1.8			
	Ordovician	Upper	Katian	443.7 ± 1.5		
			Sandbian	445.6 ± 1.5		
			Katian	455.8 ± 1.6		
			Darwinitian	460.9 ± 1.6		
			Dapingian	468.1 ± 1.6		
		Lower	Floian	471.8 ± 1.6		
			Tremadocian	478.6 ± 1.7		
			Stage 10	488.3 ± 1.7		
			Stage 9	~ 492 *		
			Stage 8	~ 496 *		
	Cambrian	Furongian	Paibian	~ 499		
			Guzhangian	~ 503		
			Series 3	Drumian	~ 506.5	
			Series 2	Stage 5	~ 510 *	
			Stage 4	~ 515 *		
		Tenenevian	Stage 3	~ 521 *		
			Stage 2	~ 528 *		
			Fortunian	542.0 ± 1.0	▶	

eonem Eon	erathem Era	system Period	Age Ma	GSSP GSSA	
Precambrian	Proterozoic	Neoproterozoic	Ediacaran	542	▶
			Cryogenian	~ 635	
			Tonian	850	⊙
			Stenian	1000	⊙
			Ectasian	1200	⊙
		Mesoproterozoic	Calymnian	1400	⊙
			Statherian	1600	⊙
			Orosinian	1800	⊙
			Rhyacian	2050	⊙
			Siderian	2300	⊙
	Archean	Hadean (informal)	Neoproterozoic	2500	⊙
			Mesoarchean	2800	⊙
			Paleoarchean	3200	⊙
			Eoarchean	3600	⊙
			~ 4600	⊙	

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org).

The listed numerical ages are from "A Geologic Time Scale 2004", by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and "The Concise Geologic Time Scale" by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with * are informal, and awaiting ratified definitions.

Copyright © 2009 International Commission on Stratigraphy