

# Cours de géologie 2018-2019

## PLAN

Recette pour apprendre des définitions ou textes importants	page 2
Quelques données sur la Terre	page 3
Recette pour apprendre à travailler un exercice	page 3
Volcanisme et volcans	page 7
Définitions	page 7
Origine du volcanisme	page 8
Les séismes	page 10
Définitions	page 10
Les dégâts provoqués par les séismes, l'échelle de Richter	page 10
Les plaques lithosphériques	page 13
Mise en évidence	page 13
Définitions	page 15
Structure interne de la Terre	page 15
Les plaques sont en mouvement les unes par rapport aux autres	page 17
Ce qui est à savoir	page 26
Exercices	page 27
Les risques de catastrophe liés aux phénomènes géologiques	page 31

## APPRENDRE SA LEÇON - LES DÉFINITIONS

Cette méthode de travail distribuée lors du premier cours de SVT peut servir pour tous les cours. Elle nécessite un investissement en travail personnel et de la persévérance ; devenant ensuite une routine, elle vous permettra d'apprendre vite et bien au fur et à mesure que vous l'utiliserez.

Notez bien : l'expression « **bien récité** » signifie que c'est **récité par cœur** !

Il convient d'apprendre une définition après l'autre, pas toutes en même temps, car elles sont données « dans le désordre » lors du contrôle.

1°- Lire plusieurs fois la définition (par exemple 5 fois)

2°- La réciter dans sa tête une première fois

si c'est mal récité -> on la relit 5 fois

si c'est bien récité -> on passe à la suite

3°- Réciter la définition en l'écrivant sur une feuille. **Ecrire** car la **plupart des contrôles ou examens sont écrits, il convient donc d'adapter son entraînement à ce que sera l'épreuve : écrite.**

si c'est mal récité -> on recommence tout

si c'est bien récité, mais il y a des fautes d'orthographe ou de grammaire

=> Copier 10 fois chaque mot mal orthographié, revoir la règle de grammaire

S'il n'y a pas de faute d'orthographe ni de grammaire → Passer à la définition suivante.

Une fois toutes les définitions apprises, vous pouvez (par exemple) écrire chaque chose à connaître sur un papier que vous pliez pour ne pas voir ce qui est écrit, vous mélangez ces papiers puis les tirez au sort, récitant ainsi dans un ordre différent (et inattendu) de celui de l'apprentissage. Vous pouvez également travailler par groupe, chacun récitant à tour de rôle une définition prise au hasard, et vous poser mutuellement des questions pour mieux assimiler le cours.

**Cette méthode est une recette** ; tout comme une recette de cuisine, il convient de la mettre en pratique même si on ne la comprend pas du premier coup, la compréhension viendra ensuite ;

Le « par cœur » permet de réaliser vite les choses routinières, ainsi c'est parce qu'on sait par cœur où se trouvent les couverts qu'on ne perd pas de temps à les chercher quand on met la table.

### APPLICATION

Apprendre les connaissances suivantes (soulignées dans le texte ci-dessous) :

**La géologie** est la science qui étudie la Terre, les phénomènes qui s'y déroulent en surface et en profondeur (du grec ancien : *geo* = la Terre ; *logos* = étude, science qui étudie).

La Terre est une planète. Elle est en orbite ("tourne") autour d'une étoile appelée **Soleil**.

**Distance Soleil-Terre. 150.000.000 km** (en moyenne)

**Rayon** (approché) de la Terre : 6 400 km. Ce rayon est pris à l'équateur (ou pour les méridiens).

D'où : diamètre à l'équateur : 12 800 km ; périmètre à l'équateur : 40 200 km (Rappel le périmètre  $P=2 \times \pi \times R$ ).

Questions (simples si on a appris sa leçon) : qu'est ce que la géologie ? Qu'est ce que la Terre ? Qu'est ce que le Soleil ? Distance Soleil-Terre ? Rayon approché de la Terre ?

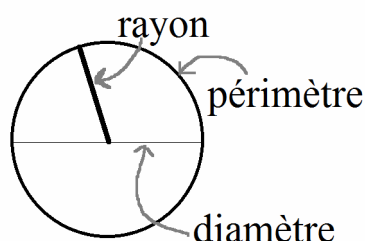
## Quelques données sur la Terre

1.1. La Terre est une planète. Elle est en orbite ("tourne") autour d'une étoile appelée Soleil.

Distance Soleil-Terre. 150.000.000 km (en moyenne) (remarque : la lumière se déplace depuis le Soleil vers la Terre).

### 1.2 Dimensions de la Terre.

Rappels :



1

Rayon à l'équateur : 6380 km

Rayon aux pôles : 6360 km

Remarque : la Terre est aplatie à ses pôles

Pour les calculs, on considérera que le rayon de la Terre est de 6 400 km.

D'où :

Diamètre à l'équateur : 12 800 km.

Périmètre à l'équateur :  $2 \times 3,14 \times 6400 \text{ km} = 40\,200 \text{ km}$ . Rappel  $P = 2 \times \pi \times R$ .

### 1.3 La Terre tourne sur elle-même vers l'est.

Sa vitesse de rotation sur elle-même est de un tour par jour, ou un tour en 24 heures (en réalité 23 heures 56 mn (cet écart de 4 mn par jour est à l'origine de l'année bissextile)).

Exercice : A quelle vitesse, en km/h, est soumis un objet sur l'équateur terrestre ?

## Recette pour apprendre à travailler un exercice.

La recette est la suivante : un exercice modèle est fait en classe, on doit adapter ce modèle à un exercice ressemblant en suivant les consignes données et en s'adaptant aux nouveautés. Voici pour réaliser l'exercice modèle.

<sup>1</sup> Origine des mots : diamètre du grec ancien *dia* = divise & *metre* = mesure ; périmètre du grec ancien *péri* = le tour & *metre* = mesure.

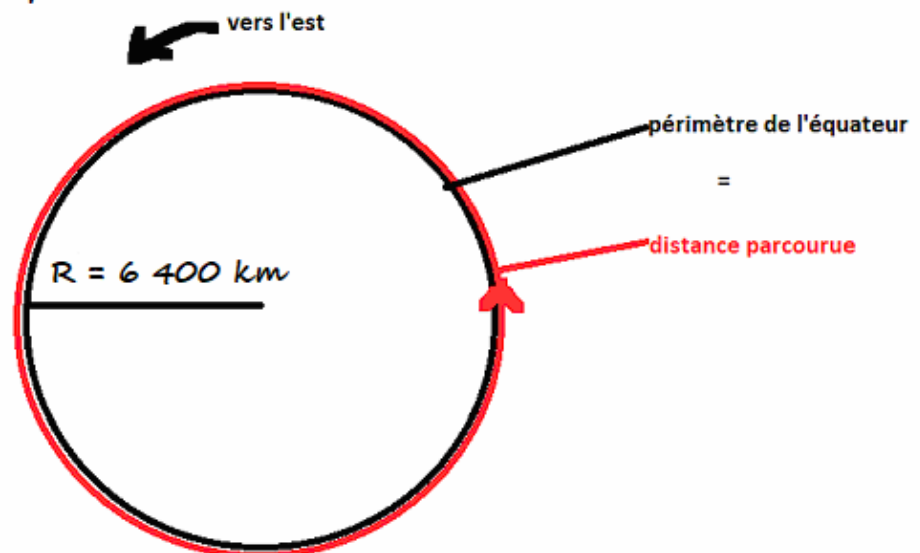
On fait un schéma pour représenter les choses, on écrit le raisonnement PUIS les calculs, on veille à bien poser les calculs (unité sous unité, dizaine sous dizaine, etc. ; on veille à grouper ses chiffres par 3 ; tout ceci pour limiter les erreurs ; on n'oublie pas les unités de mesure).

Rappel : ne pas oublier ce que l'on cherche, ici c'est une vitesse ; une vitesse est le rapport d'une distance parcourue au temps mis pour parcourir cette distance. (Vitesse = Distance/Temps)

Voici la réponse qui sert de modèle :

### 1. schéma pour représenter les choses

Terre vue par un pôle



### 2. raisonnement :

$$\text{vitesse} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$$

$$\text{vitesse} = \frac{\text{périmètre de l'équateur}}{\text{un jour terrien}}$$

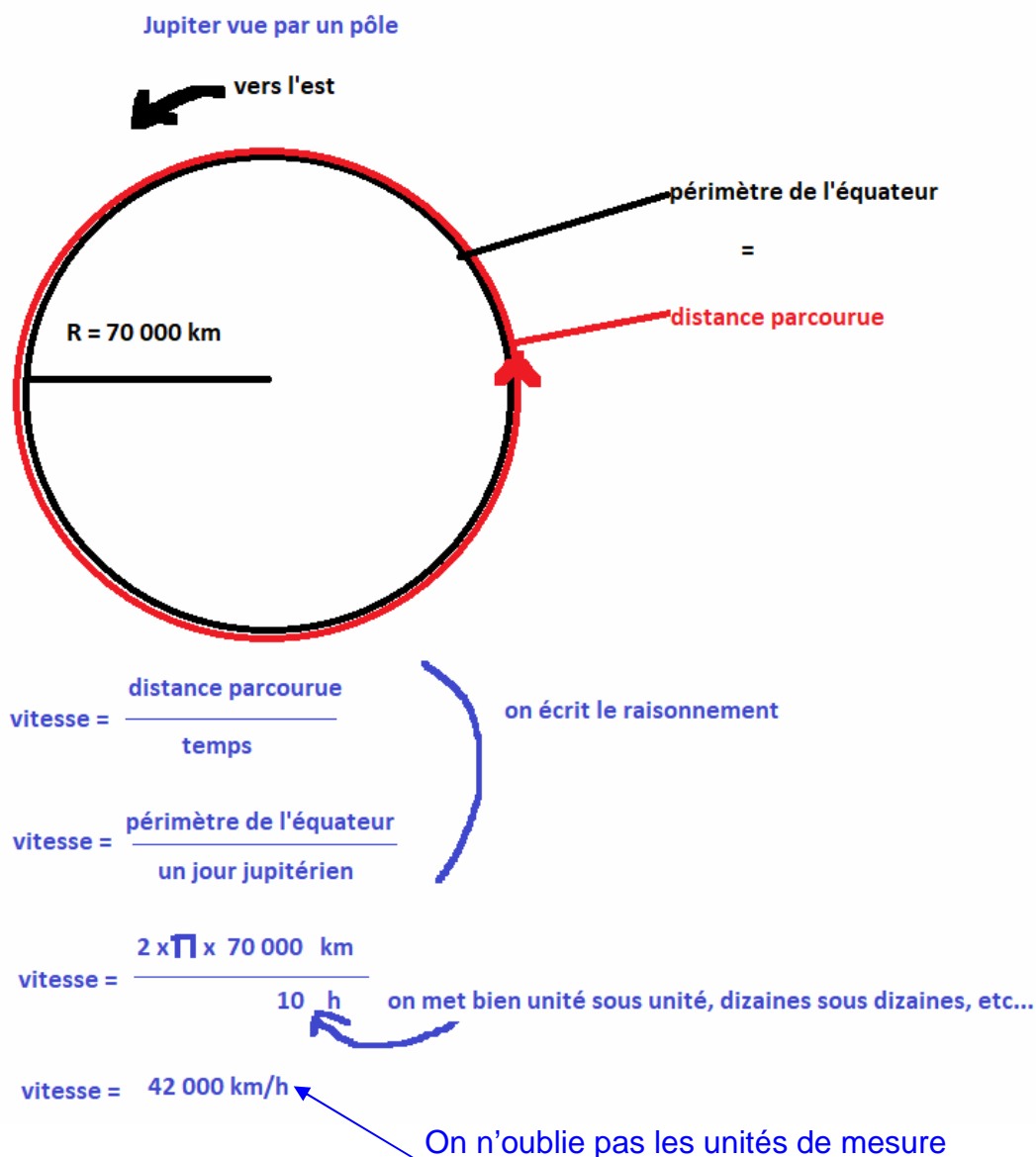
### 3. calculs

$$\text{vitesse} = \frac{2 \times \pi \times 6\,400 \text{ km}}{24 \text{ h}}$$

$$\text{vitesse} = 1\,600 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Exercice d'application : A quelle vitesse en km/h est soumis un objet sur l'équateur de la planète Jupiter ? On prendra rayon de Jupiter = 70 000 km ; un jour jupitérien = 10 heures ;  $\pi = 3$  ; Jupiter tourne vers l'est.

On refait, en l'adaptant, le modèle vu pour la Terre.



Vous remarquez qu'on suit la méthode en l'adaptant et en la simplifiant (je n'ai pas indiqué ici « schéma, raisonnement, calculs », mais c'est bien dans cet ordre que j'ai répondu (et je n'ai pas oublié le titre du schéma).

#### 1.4 âge de la Terre : 4,5 milliards d'années + ou- 0,5 milliard d'années [marge d'erreur].

Les phénomènes géologiques peuvent être brefs (séismes) ou extrêmement lents (formation de l'Atlantique = 200 millions d'années)

La plupart des phénomènes géologiques s'inscrivent sur de très longues durées, des millions d'années, qui dépassent les représentations humaines du temps. La durée de vie d'un humain étant en moyenne de 70 ans, chacun de nous a du mal à se représenter des millions d'années.

Exemple pour s'y aider :

que représente un million de secondes = 11,6 jours.

que représente un milliard de secondes = 31,6 années.

#### 1.5 la Vie existe sur Terre, depuis 3,8 Milliards d'années

(explications des abréviations ci-dessous : MiA = milliard d'années, MA = million d'années)

[1eres formes vivantes : -3,8 MiA 1eres cellules à noyau : -2 MiA 1eres algues pluricellulaires :-2MiA 1ers animaux :-800MA 1ers animaux à squelette fossilisable :-600MA 1er vertébrés :-500MA 1er tétrapode :-360MA 1er oiseau :-150MA 1er mammifère:-200MA 1ers humains :-6MA (évidemment ces premiers humains n'avaient ni notre aspect ni notre façon de vivre)]

Remarque : la Vie ailleurs dans l'Univers : l'Univers est tellement vaste qu'il est possible, voire probable que la Vie puisse exister sur une ou plusieurs autres planètes. Il serait intéressant de savoir sous quelle forme elle existe. Il est peu probable que, si une vie intelligente (type humain) a pu également se développer, elle puisse venir nous rendre visite étant donné les contraintes liées aux déplacements sur des distances énormes. De plus, ces êtres auraient résolu ce qu'il est difficile chez les humains : se supporter dans un milieu confiné pendant des mois...

#### 1.6. LA TERRE EST UNE PLANETE ACTIVE : qui dissipe de l'énergie.

Le volcanisme, la sismicité, la formation des chaînes de montagnes ou des océans (liés aux mouvements des plaques lithosphériques (voir plus loin)) sont des manifestations de cette dissipation d'énergie.

# Volcanisme et volcans

## 1.1 Définitions

Volcanisme : *phénomène* par lequel du magma parvient à la surface de la Terre.

Volcan : *lieu* à la surface de la Terre d'où s'échappent du magma et des gaz chauds, soit au contact de l'air (10% des cas), soit sous l'eau (90% des cas).

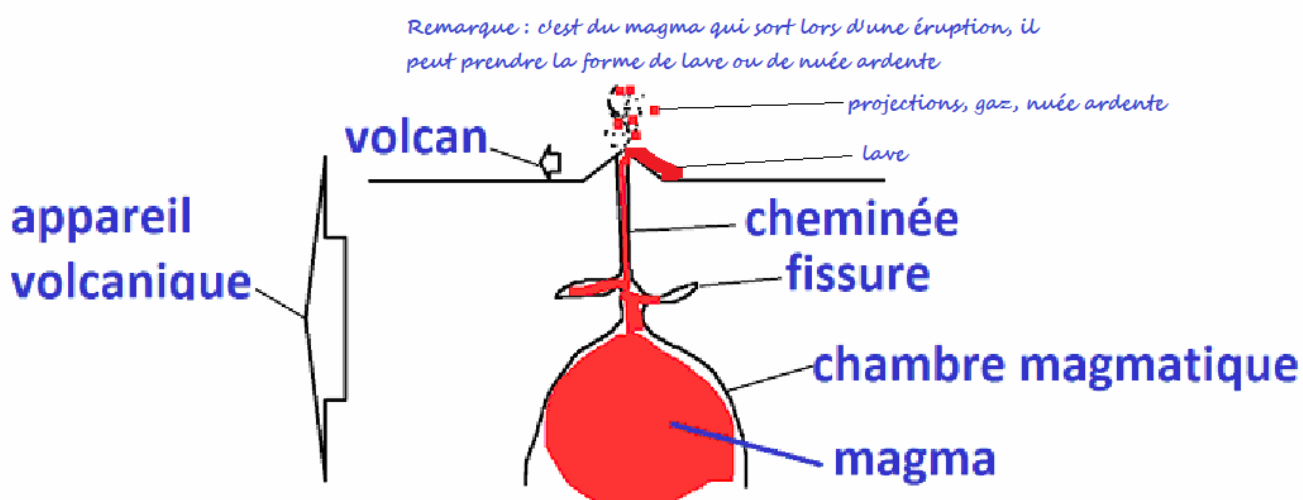
Le volcan n'est que la partie superficielle de l'appareil volcanique (Structure essentiellement souterraine complexe de fissures et de cheminées envahies par du magma).

Un volcan est la conséquence du volcanisme.

Magma : Matière minérale en fusion.

Lave : Nom donné au magma qui s'écoule à la sortie d'un volcan.

Schéma suivant d'un appareil volcanique dont le volcan a ses éruptions à l'air libre.



## 2.2 Origine du volcanisme

Le magma provient des profondeurs de la Terre ; puisqu'il s'élève c'est que *des forces supérieures et opposées à celle de la pesanteur s'exercent donc exercées sur lui.*

Le magma est chaud. Plus on va en profondeur de la Terre, plus la température et la pression s'élèvent, ce qui contribue à liquéfier la matière minérale.

Mouvement et chaleur sont deux formes d'énergie. De l'énergie est donc produite à l'intérieur de la Terre, par la Terre elle-même.

Sous la surface solide de la Terre [*qu'on appelle la CROUTE*] existe du magma très chaud dont une partie vient refroidir en surface lors d'une éruption.

Le volcanisme est un phénomène qui fait que la Terre se refroidit.

Remarque : ne pas confondre le réchauffement climatique avec celui de la Terre, il est courant de dire « la Terre se réchauffe », ce qui est faux (dire "la Terre se réchauffe" c'est comme dire "le Soleil se lève", ce sont des expressions pratiques mais (sur le fond) fausses) (insistons : la Terre (la planète) ne se réchauffe pas, au contraire elle ne cesse de se refroidir depuis 4,5 milliards d'années. Ce sont ses climats qui se réchauffent depuis 12 000 ans).

Climat : (du grec : inclinaison, latitude - donc lieu sur Terre) phénomènes météorologiques (températures, précipitations, vents, pression) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu et son évolution (saisons, altitude).<sup>1</sup>

**A l'échelle du million d'années, des événements nombreux modifient le climat terrestre** (variations de l'inclinaison de la position de la Terre sur son orbite, répartitions des masses océaniques et continentales, activité volcanique, suractivité solaire, effet de serre, etc.). **Aucun d'eux ne peut cependant expliquer à lui seul les variations des climats** (c'est à dire l'être

---

<sup>1</sup> La température de l'espace où se déplace la Terre est de -270°C. La surface de la Terre, au contact de l'espace serait plus chaude à -243°C à cause du flux de chaleur qu'elle émet. Mais la Terre n'est pas isolée, elle reçoit du Soleil un flux de chaleur 10.000 fois plus fort que celui propre à la Terre, grâce à cela, la température du sol serait de +6°C. Si toute l'atmosphère reflétait cette énergie, la température serait de -18°C. En fait, l'atmosphère absorbe une partie de l'énergie du soleil. Car certains gaz absorbent les infrarouges : l'eau, le CO<sub>2</sub>, le méthane (CH<sub>4</sub>), ils l'absorbent avant que celui-ci ne reparte vers l'espace. C'est grâce à cet effet de serre que la température moyenne en surface est de 15°C. C'est la molécule d'eau qui joue le rôle principal dans la réabsorption des IR (Infra Rouges), mais il n'y a pas d'augmentation de la teneur en eau de l'atmosphère car elle retombe en pluie dès qu'il y en a trop.



humain n'est pas responsable des modifications climatiques actuelles commencées il y a 12 000 ans, mais il les accentue par ses activités polluantes).

Glaciation : période durant laquelle la quantité de glace stockée à la surface du globe est très importante.

On connaît des périodes glaciaires tout au long de l'histoire de la Terre. Les dernières glaciations sont identifiées dans les Alpes (côté Danube) par ordre de la plus ancienne à la plus récente : Günz, Mindel, Riss, Würm. Ces périodes glaciaires sont entrecoupées de périodes interglaciaires.

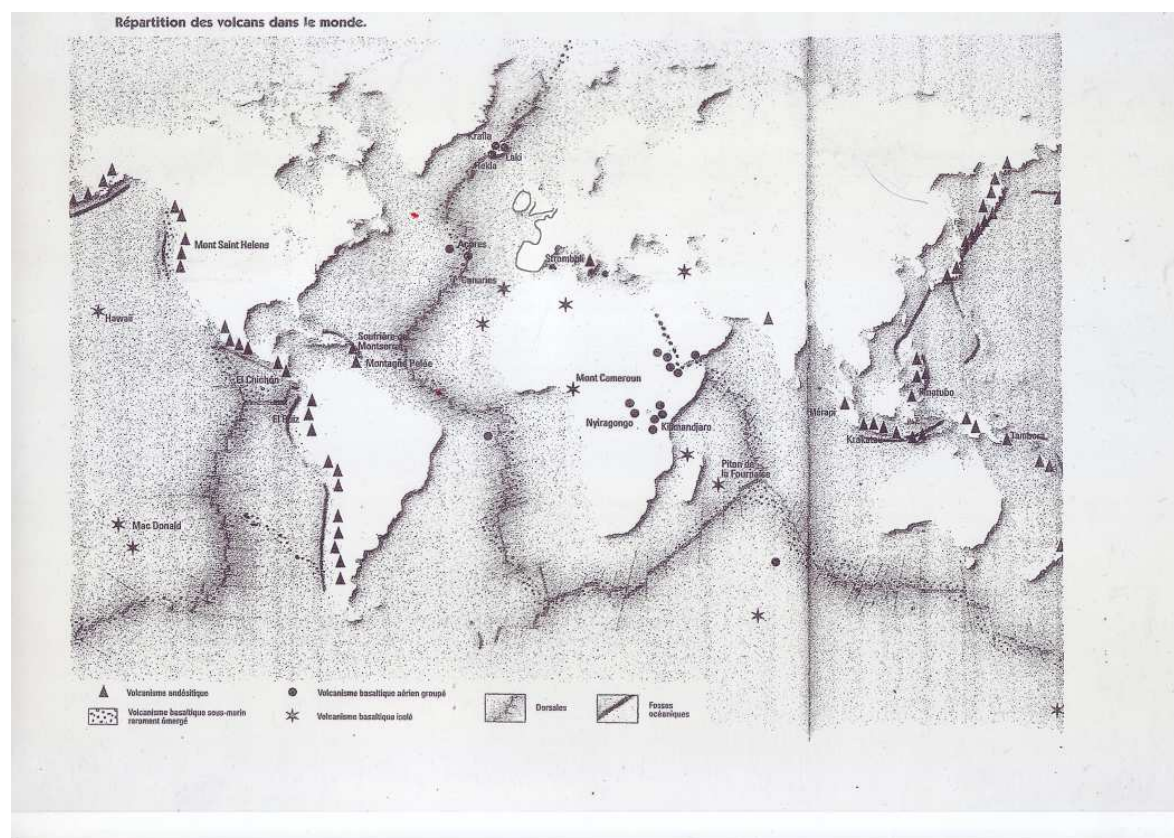
-1.200.000 à - 700.000 -> **Günz** (affluent du Danube) puis interglaciaire de 50.000 ans

-650.000 à -350.000 -> **Mindel** (affluent du Danube) puis interglaciaire de 50.000 ans

-300.000 à -120.000 -> **Riss** (affluent du Danube) puis interglaciaire de 40.000 ans

-80.000 à -10.000 -> **Würm** (affluent du Danube) puis interglaciaire depuis 12.000 ans en réalité fin de la période glaciaire vers 9800 avant JC.

### Localisation des volcans



La carte géographique des volcans montre :

- l'importance du volcanisme sous-marin ;
- qu'ils ne sont pas répartis pas au hasard mais selon des alignements (des chaînes volcaniques, les volcans sont des éléments du relief).

Il y a une explication à cette répartition.

# Les séismes

## 1. Définitions

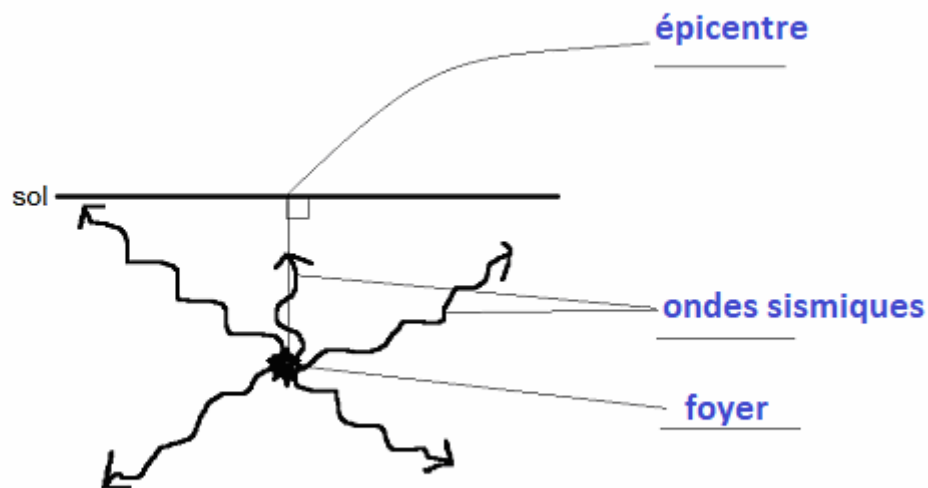
Séisme : **Mouvement bref du sol dû à l'arrivée d'ondes de vibration (ondes sismiques) issues du foyer du séisme.**

Onde sismique : **Vibration qui se propage (= onde) liée à un séisme.**

Foyer d'un séisme : **Endroit, en profondeur, où se situe l'origine du séisme.**

Epicentre d'un séisme : **Endroit, à la surface de la Terre, à la verticale du foyer.**

Schéma d'un séisme :



Caractéristique de l'échelle de Richter : **On augmente de 1 (une unité) sur l'échelle de Richter lorsqu'il y a 10 (dix) fois plus d'énergie dégagée.**

## 2. Les dégâts provoqués par les séismes, l'échelle de Richter

Pour les êtres humains, ce sont surtout les dégâts que provoquent immédiatement ces séismes aux activités humaines.

Il y a essentiellement les modifications du paysage, y compris les « paysages » sous-marins (voir la carte de localisation des épicentres, ils sont essentiellement sous marins, comme les volcans).

## L'échelle de Richter.

Remarque : intensité et magnitude d'un séisme.

L'intensité d'un séisme correspond aux effets qu'ont ressentis les humains dans la région où il s'est produit. Ces effets ressentis sont établis à partir d'enquêtes publiques et dépendent de facteurs suggestifs et du pays qui réalise l'enquête.

Il est plus rigoureux de considérer l'énergie dégagée lors d'un séisme, car selon que le séisme se produit dans un endroit plus ou moins peuplé, avec des constructions plus ou moins solides, les dégâts et le nombre des victimes varient beaucoup.

Magnitude : mesure de l'énergie libérée par un séisme.

Cette magnitude est calculée à partir des tracés des ondes sismiques enregistrées avec des sismographes.

La magnitude peut être calculée grâce à l'échelle de Richter (de Charles Richter (1900-1985) géophysicien américain qui la propose en 1935). Elle a la particularité (ici très simplifiée) suivante : on augmente de UNE (1) unité sur l'échelle de Richter lorsque le séisme dégage 10 fois plus d'énergie, cette valeur est multipliée par 3.

Exemples :

Un séisme de magnitude 2 dégage 30 fois plus d'énergie qu'un séisme de magnitude 1  
 un séisme de magnitude 8 dégage 3.000 fois + d'énergie qu'un séisme de magnitude 5  
 un séisme de magnitude 5 dégage 300 fois + d'énergie qu'un séisme de magnitude 3  
 un séisme de magnitude 5 dégage 30 fois + d'énergie qu'un séisme de magnitude 4.

### 3. Origine des séismes.

Les fluides (du fait qu'ils peuvent s'écouler) ne peuvent pas être "cassés". Seul ce qui est solide peut casser.

Les séismes sont causés par des cassures, appelées « failles » à l'intérieur de la partie solide de la surface de la Terre qu'on appelle la croûte. Ces cassures sont liées aux mouvements qui affectent l'intérieur de la Terre.

On constate qu'il n'existe pas de séisme dont le foyer soit plus profond que 700 kilomètres.

La majorité des foyers se situent jusqu'à 70 km de profondeur.

Les séismes ne peuvent se produire que dans quelque chose de solide.

On en déduit qu'après cette profondeur de 70 km, la matière a une structure fluide (il s'agit de magma).

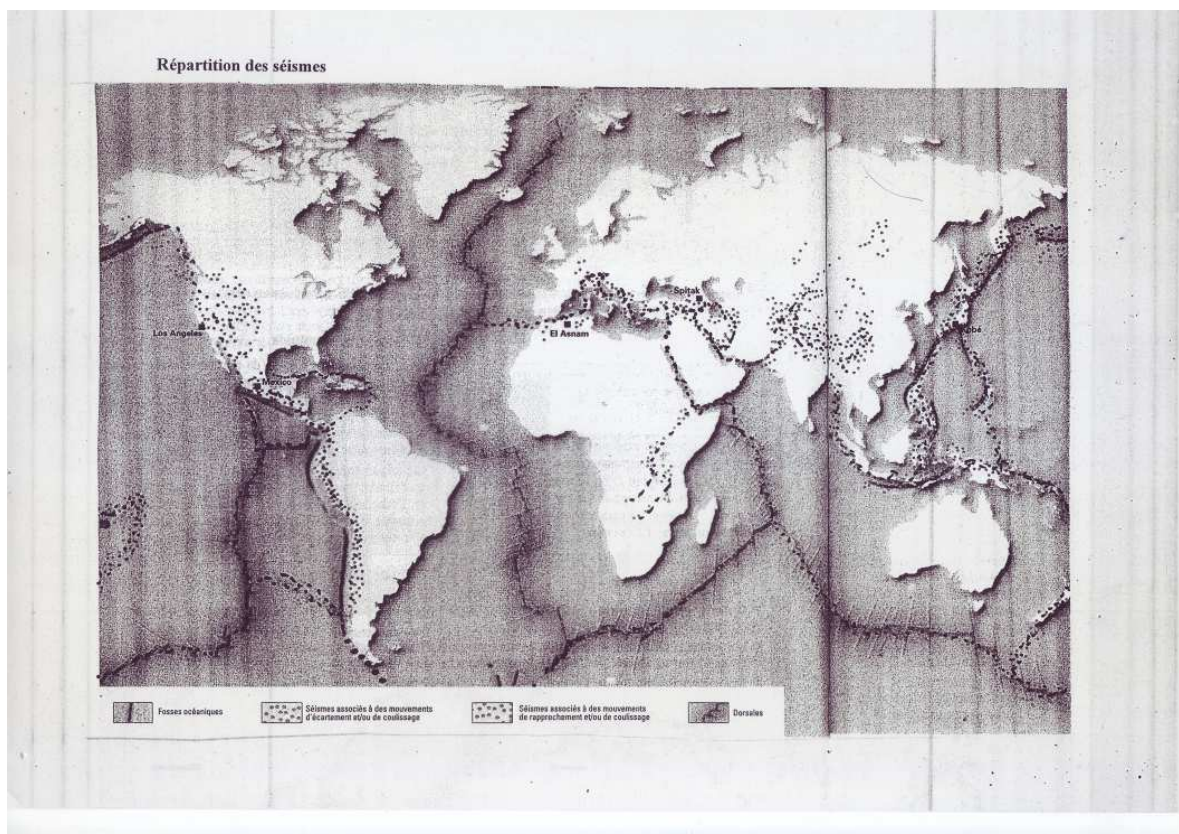
Remarque - deux catégories de fluides : gaz et liquides. Dans les profondeurs de la Terre, le fluide est de nature liquide, il s'agit de matière minérale en fusion.

Remarque : les tsunamis (du japonais *tsu* = port, *nami* = vague).

Lorsque qu'on jette un caillou dans l'eau, cela provoque des ondes observables en surface. L'origine des ondes du tsunami est sous-marine, le choc « vient » du fond de la mer, et les « ronds » dans l'eau se déplacent au niveau d'un océan, pas d'une mare. Un tsunami est produit par un séisme, un glissement de terrain, l'explosion d'une île volcanique (comme à Santorin vers -1600, ou à Krakatoa en 1883). L'origine d'un tsunami est donc liée à un phénomène géologique<sup>1</sup>.

#### 4. Localisation des séismes.

La carte géographique des (épïcètres des) séismes montre qu'ils ne sont pas répartis au hasard mais selon des alignements. Il y a une explication à cette répartition.

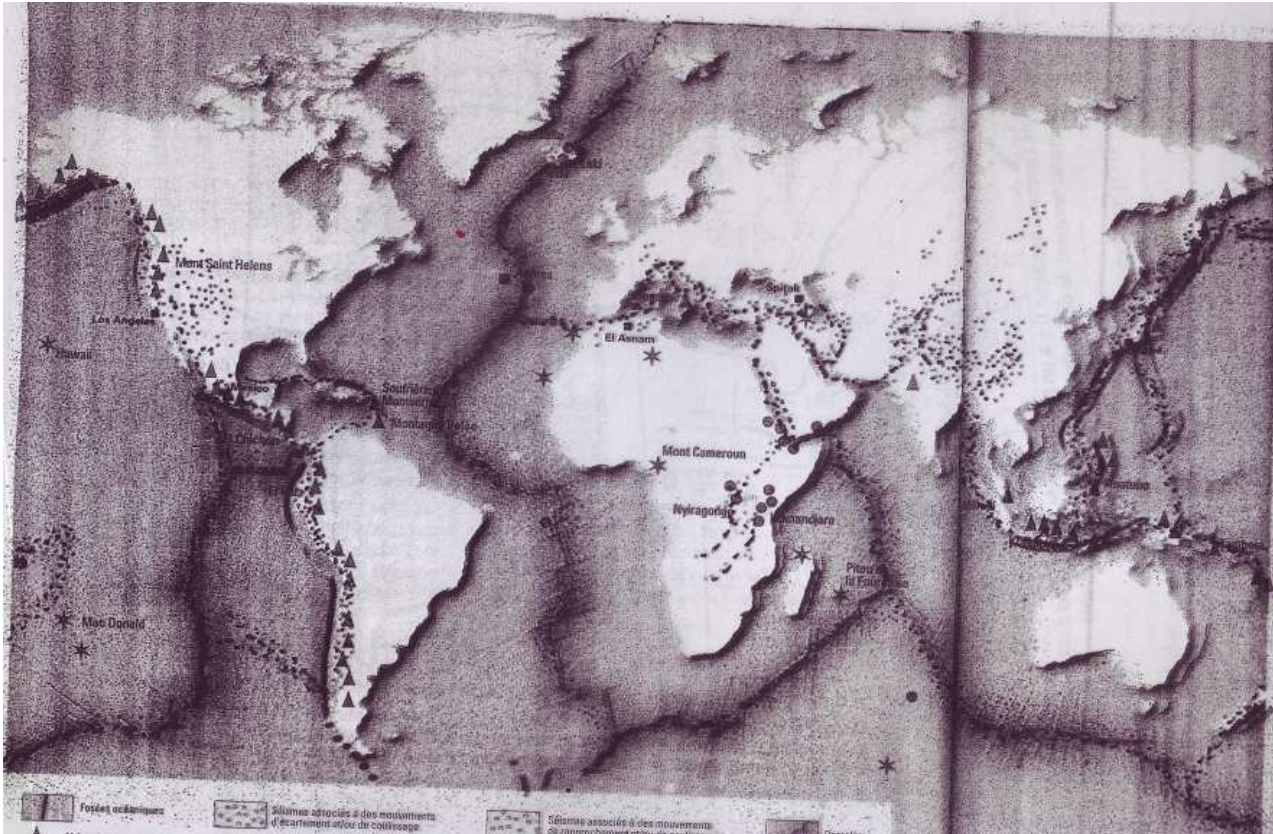


<sup>1</sup> Les raz-de-marée sont liés à la combinaison de l'attraction qu'exercent la Lune et le Soleil sur les océans et de phénomènes météorologiques (tempêtes, ouragans, cyclones).

# Les plaques lithosphériques

## 1. Mise en évidence

Localisations des volcans et séismes :



On observe que deux phénomènes différents ont des localisations qui se superposent.

La localisation de ces deux phénomènes n'est pas liée au hasard.

S'ils ont la même localisation c'est qu'ils ont tous deux une origine commune.

Les localisations mettent en évidence des frontières de zones appelées plaques.

Aux frontières de ces plaques lithosphériques se localisent volcans et séismes.

Constatons que s'y localisent aussi les éléments hauts des reliefs<sup>1</sup>, les gisements de minéraux précieux<sup>2</sup>.

Ce sont donc quatre phénomènes qui ont une origine commune.

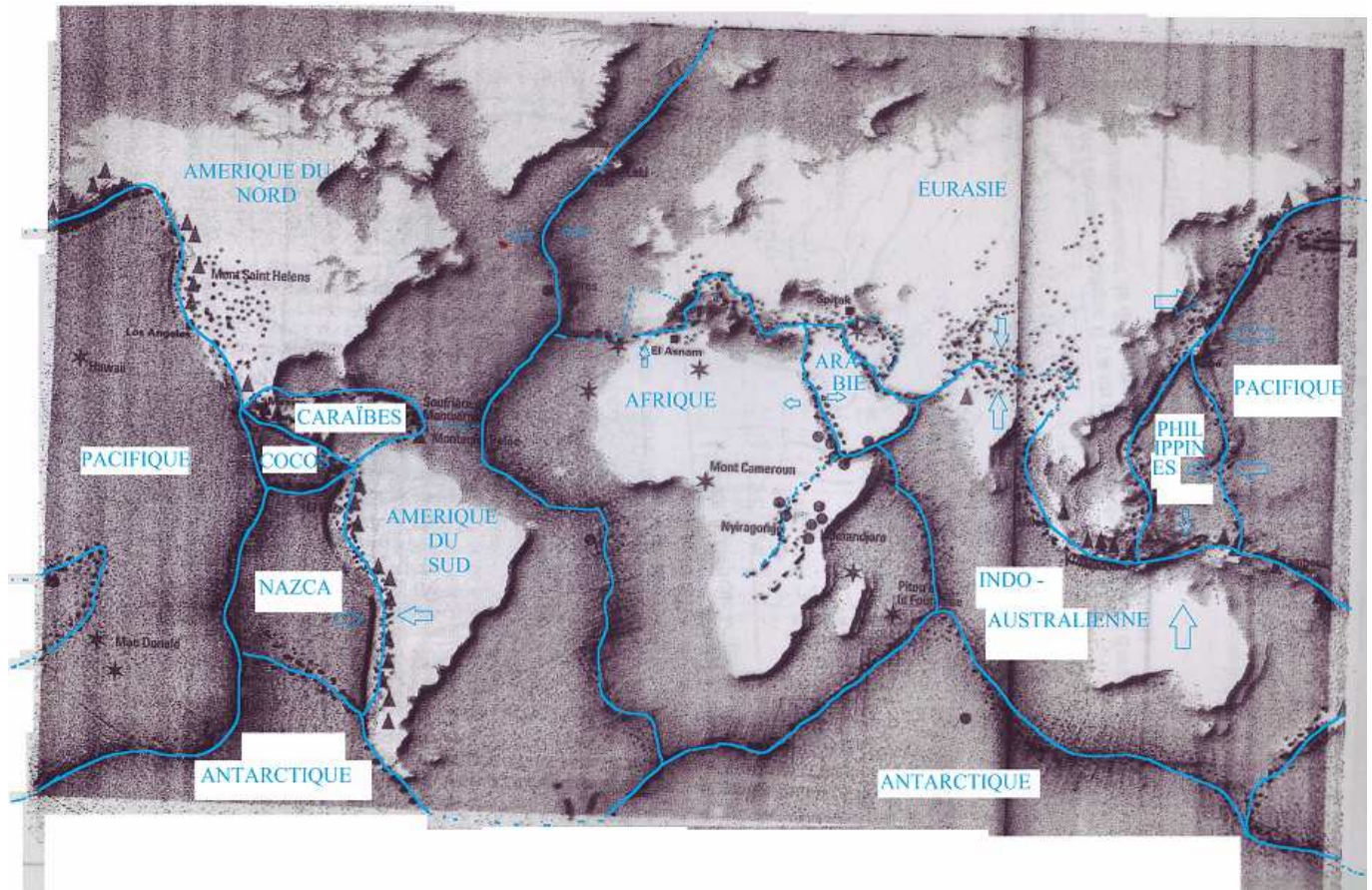
<sup>1</sup> Le rift medio-Atlantique est à 2 000 mètres de profondeur alors qu'au large de Bordeaux ou Terre-Neuve on est à 4 000 mètres de profondeur, le milieu de l'Atlantique est donc plus élevé que ses « bords », le rift est comme une montagne sous-marine dont les plus hauts sommets sont des îles comme l'Islande.

<sup>2</sup> Or dans la Cordillère des Andes, les Montagnes rocheuses, cuivre dans ces mêmes régions ainsi qu'à Chypre (le nom de cette île vient du cuivre qu'on y trouve), nickel en Nouvelle Calédonie, etc.

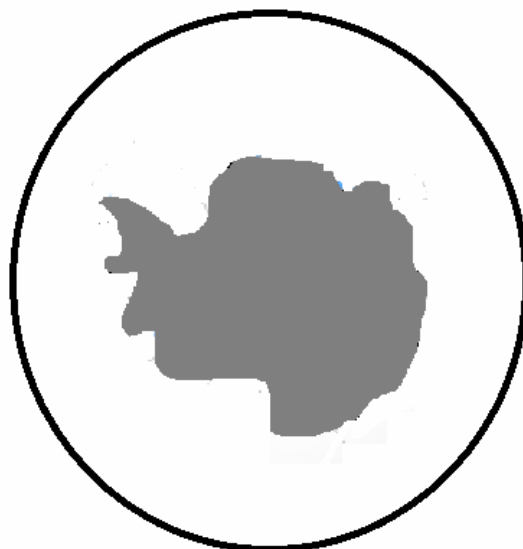
On constate que ces localisations dessinent des alignements comme des frontières de zone de la surface solide de la Terre.

Ces zones sont appelées des « plaques ».

Les plaques lithosphériques et leurs frontières.



Remarque : n'oubliez pas que cette carte est « à plat » mais que la Terre est sphérique, donc cette carte est forcément faussée comme le montre la répartition en plusieurs parties de la plaque Antarctique. Voici cette plaque en un seul bloc :



## 2. Définitions

**Plaque<sup>1</sup>** : zone de la croûte aux frontières de laquelle se trouvent volcans et séismes.

Remarque : volcans et séismes au pluriel car il n'y en a pas qu'un.

**Croûte** : surface solide de la Terre.

Exemples de questions pour un contrôle :

- Que trouve t'on aux frontières d'une plaque lithosphérique ?

Réponse : des volcans et des séismes.

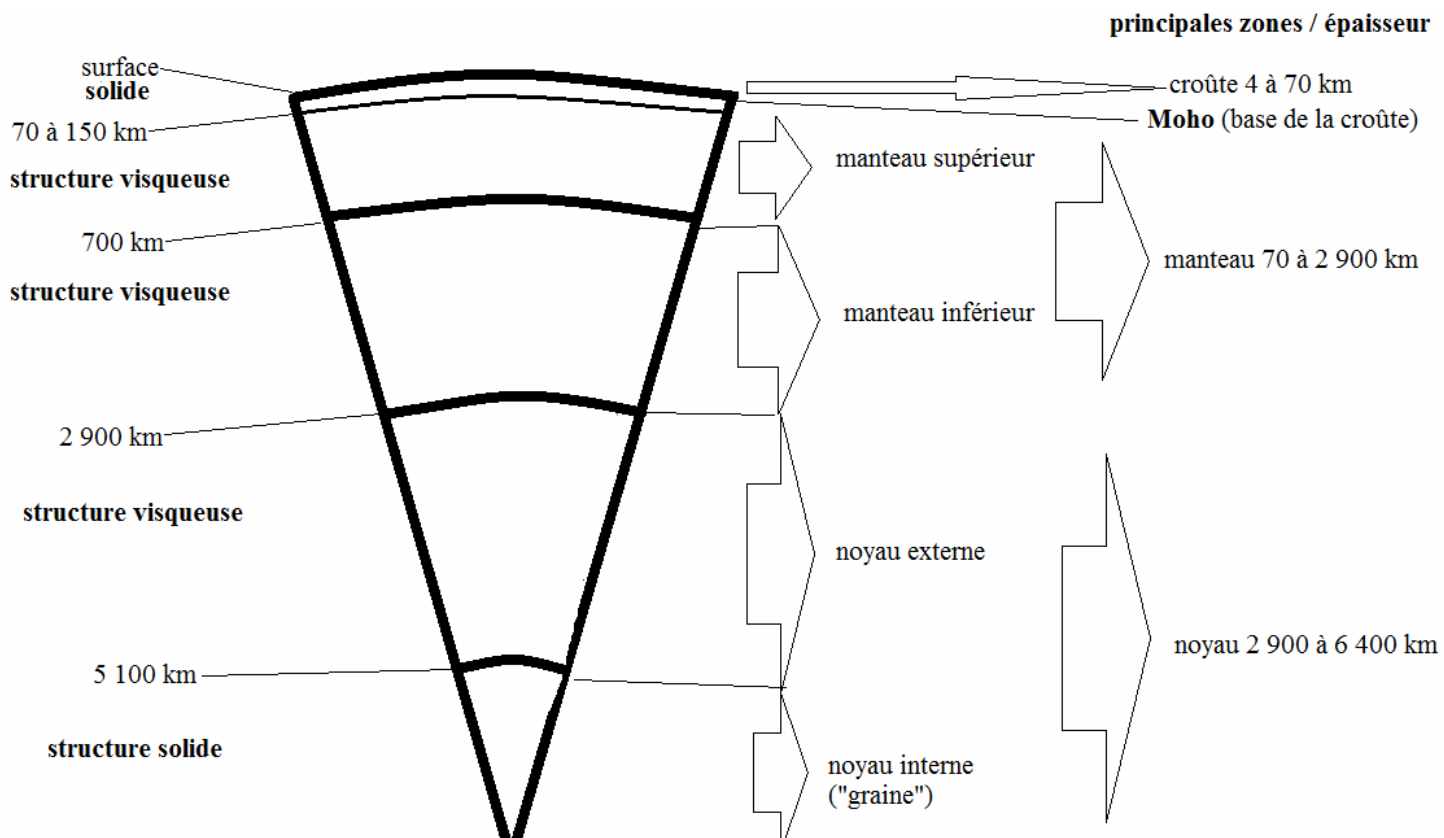
- Pourquoi y a-t-il ne nombreux volcans et séismes au Japon ?

Parce que le Japon se localise sur une frontière de plaques lithosphériques.

Remarque : on met un « s » à « plaques lithosphériques » car une frontière sépare toujours au moins deux choses (états, plaques lithosphériques, etc.) – d'ailleurs le Japon est sur la frontière de trois plaques (voir la carte).

Ces plaques solides flottent sur du magma fluide en profondeur.

## 3. Structure interne de la Terre



La base de la croûte est appelée discontinuité de Mohorovičić<sup>2</sup> (en abrégé Moho).

<sup>1</sup> En réalité ce sont des plaques lithosphériques, appelées aussi plaques tectoniques.

<sup>2</sup> Le professeur Mohorovičić est le scientifique yougoslave qui a mis en évidence, par l'étude des rebonds des ondes sismiques, la surface inférieure de la croûte.

Le Moho est la limite entre la croûte solide et le toit du manteau supérieur qui est plastique. Plus simplement, le Moho est la base de la croûte.

Lithosphère : couche superficielle de la Terre constituée de la croûte et du toit du manteau supérieur.

Du grec ancien *litho* = pierre (une pierre est solide) et sphère (car la Terre – et donc sa surface – est sphérique).

La lithosphère « flotte » sur l'asthénosphère.

L'asthénosphère est une zone comprise entre la base de la lithosphère et la partie « moyenne » du manteau.

Du grec *astheno* = lent (car les ondes sismiques y circulent moins rapidement que dans les autres zones).

L'asthénosphère a une structure visqueuse « plastique » qui fait que la lithosphère « flotte », « glisse » sur elle.

### **Ce qui est à savoir :**

Les trois zones à retenir et leurs épaisseurs : Croûte (de 4 à 70 km), manteau (de 70 à 2 900 km), noyau (de 2 900 à 6 400 km).

La croûte « flotte » et se déplace sur le manteau à cause des mouvements de magma dans celui-ci.



#### 4- Les plaques sont en mouvement les unes par rapport aux autres.

##### a- mise en évidence.

Pendant longtemps nos ancêtres ont cru que la surface de la Terre était immobile.

Certes ils avaient constaté la présence de fossiles marins dans des zones montagneuses, on imaginait alors que la mer pouvait déborder sur une longue durée sur les continents.

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle les paléontologues (qui étudient les fossiles) découvrent des fossiles d'animaux vivant dans des lacs (le Mesosaure – qui n'est pas un dinosaure, qui est un reptile de la famille des lézards actuels) ou sur la terre ferme (le cynognathus – du grec *cyno* = chien et *gnathos* = machoire ; c'est un reptile dit mammalien car il montre des points communs avec les futurs premiers mammifères notamment sa dentition).

##### Mesosaure

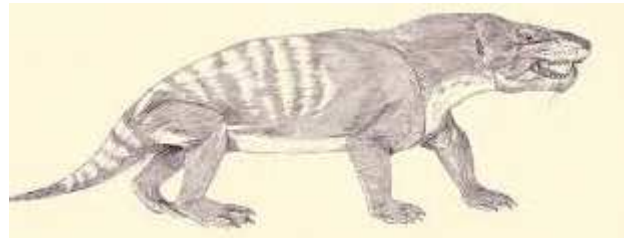
(reconstitution par l'artiste tchèque Burian)



Sa taille réelle est entre 30 cm et 1 m.  
Sa dentition montre qu'il capturait des poissons. Il vivait en eau douce.

##### Cynognathus

(reconstitution image google)

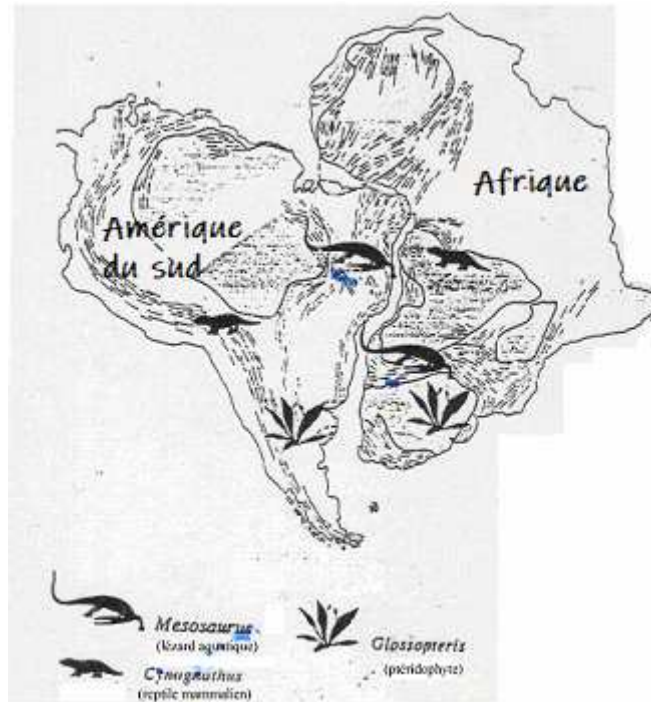


Taille réelle d'environ 1m, comme un chien moyen actuel. Prédateur, peut être capturait-il des Mesosaures imprudents ?

Dans les deux cas la couleur de la peau est imaginée par les artistes.

Ces fossiles sont découverts dans deux régions du monde séparées maintenant par l'océan Atlantique, ainsi que des fossiles d'un végétal très commun il y a 200 millions d'années : le *Glossopteris* (végétal aujourd'hui éteint).

Répartition des Mesosaures, Cynognathus, et Glossopterys il y a 200 millions d'années.



Pour expliquer que des végétaux et animaux vivant sur la terre ferme aient une telle répartition il fallait rapprocher les deux continents.

Mais se posait la question de l'énergie qui permet de déplacer de telles masses. A l'époque on ne savait pas répondre.

On a aujourd'hui la réponse. C'est l'énergie propre à la Terre qui, en s'évacuant vers l'extérieur ; provoque des mouvements en surface (résultats des mouvements internes, voir page 20 et suivantes).

#### b- Origine de l'énergie interne de la Terre.

Elle a pour origine la radioactivité de certains éléments chimiques.

Un élément chimique radioactif est instable suite à la présence d'un ou plusieurs neutrons dans son noyau, ce noyau instable se désintègre au bout d'un certain temps.

Exemple : le Carbone 14 est du Carbone radioactif. Il a 6 protons et 8 neutrons dans son noyau.

Les autres atomes de Carbone ont 6 protons et 6 neutrons, il s'agit du Carbone 12.

On dit que le Carbone 14 (noté  $^{14}\text{C}$ ) est l'isotope radioactif du Carbone 12 (noté  $^{12}\text{C}$ ).

La proportion d'atomes de  $^{14}\text{C}$  est de 1 pour 1 000 000 000 000 ( $= 10^{12}$ ) d'atomes de  $^{12}\text{C}$ .

Il y a  $7 \cdot 10^{27}$  atomes de Carbone dans le corps humain. Il y a donc  $7 \cdot 10^{15}$  atomes de  $^{14}\text{C}$  dans le corps<sup>1</sup>. Cette radioactivité est naturelle et sans danger.

La moitié des atomes de Carbone 14 disparaissent en 5700 ans, ce qui va permettre de dater des restes d'êtres vivants datant de moins de 100 000 ans.

Les deux éléments chimiques dont les isotopes radioactifs produisent l'essentiel de l'énergie interne de la Terre sont l'Uranium (Uranium 238 radioactif) et le Potassium (Potassium 40 radioactif). L'Uranium 238 est très radioactif, le Potassium 40 est peu radioactif mais il existe en très grandes quantités à l'intérieur de la Terre.

**Cette énergie est produite à l'intérieur du volume de la Terre, elle s'évacue vers la surface<sup>2</sup>.**

Cela (cette évacuation d'énergie) a des conséquences sur ce qui se passe en surface comme les éruptions volcaniques, les séismes, les mouvements des plaques, etc.

Remarque : l'énergie qui est reçue à la surface de la Terre à travers son atmosphère est celle du Soleil.

c- Comment l'énergie produite en profondeur s'évacue vers la surface.

Elle s'évacue par transfert de matière très chaude qui vient refroidir en surface.

Ces transferts de matière se font essentiellement par des mouvements « tourbillonnants » extrêmement lents, de l'ordre de quelques centimètres par an, mais de grande ampleur.

De grande ampleur car imaginez des mouvements circulaires d'un diamètre de 2 200 km (700 – 2900) ou de 500 à 600 km de diamètre (700 – 150).

Ces mouvements induisent ceux des plaques lithosphériques en surface, et – par conséquence – les séismes, éruptions volcaniques, formation des océans, des chaînes de montagne.

<sup>1</sup> C'est-à-dire qu'il y a 6 999 999 999 993 000 000 000 000 000 atomes de Carbone 12 dans le corps, et 7 000 000 000 000 000 d'atomes de Carbone 14. Pour la compréhension de tels chiffres, voir un milliard de secondes et un million de secondes page 6.

<sup>2</sup> Si elle ne s'évacuait pas la Terre aurait explosé depuis longtemps...

Ces mouvements sont des mouvements de rotation ; ils sont appelés cellules de convection.

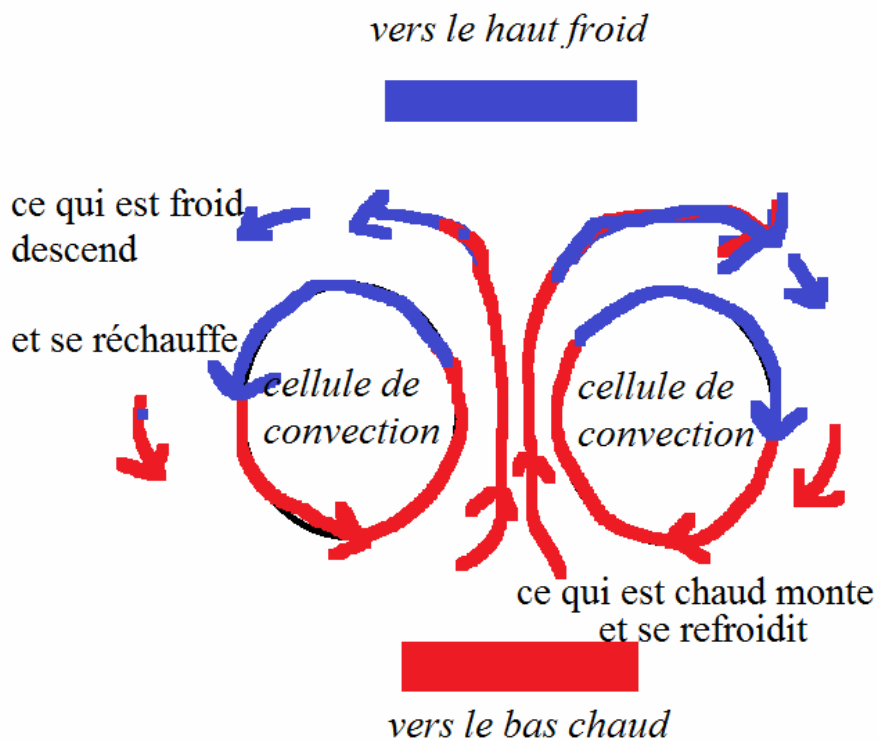
Le principe est le suivant (valable aussi pour les mouvements dans l'atmosphère ou les océans) :

- la matière « chaude » a tendance à s'élever ;
- la matière « froide » a tendance à tendance à descendre ;
- lorsque la matière « chaude » s'élève elle se « refroidit » car plus on s'éloigne du centre de la Terre moins il fait « chaud » ; et en se « refroidissant » elle amorce une descente.

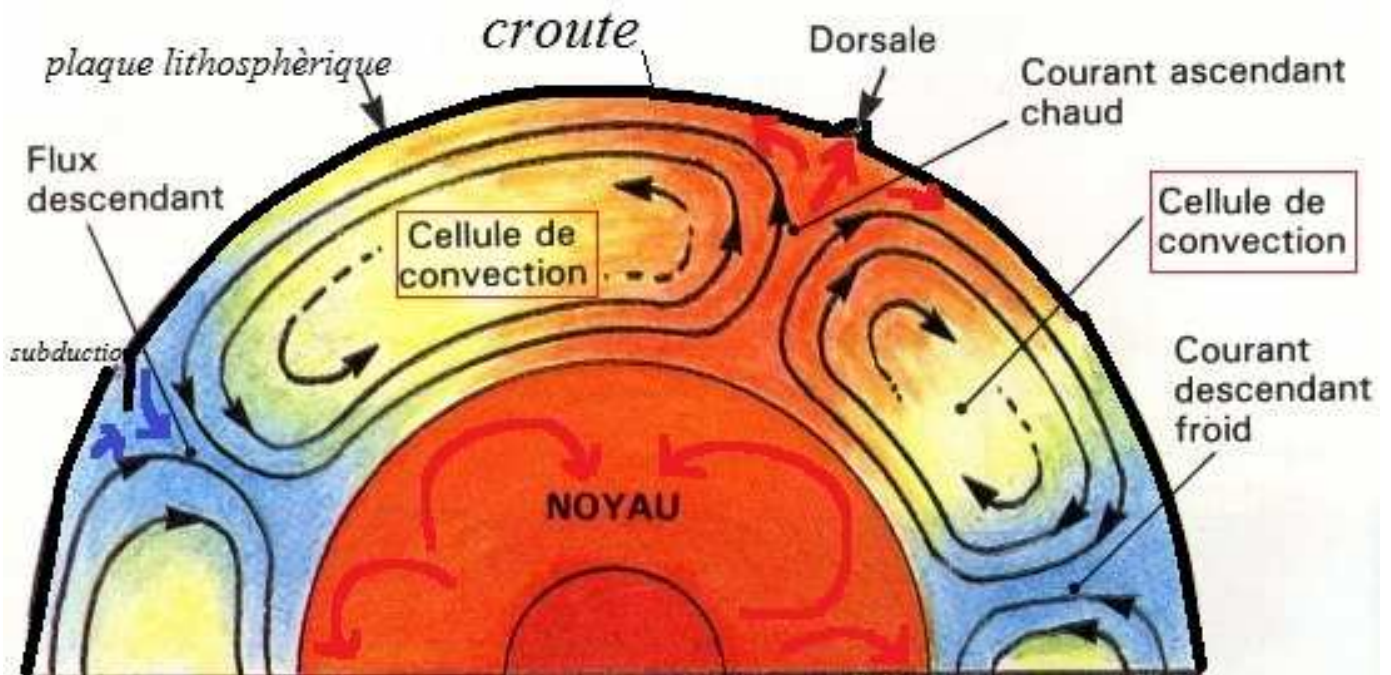
Remarque : les termes **chaud** et **froid** sont mis entre guillemets car ils sont relatifs. Par exemple la température à 2 900 km de profondeur est estimée vers 3 500°C ; vers 2 000°C vers 700 km ; 1 100°C vers 100 km de profondeur.

1 100°C est une température plus « froide » (relativement) que 3 500°C.

Le principe schématisé : (identique pour l'atmosphère ou l'hydrosphère, ou quand de l'eau chauffe dans une casserole).

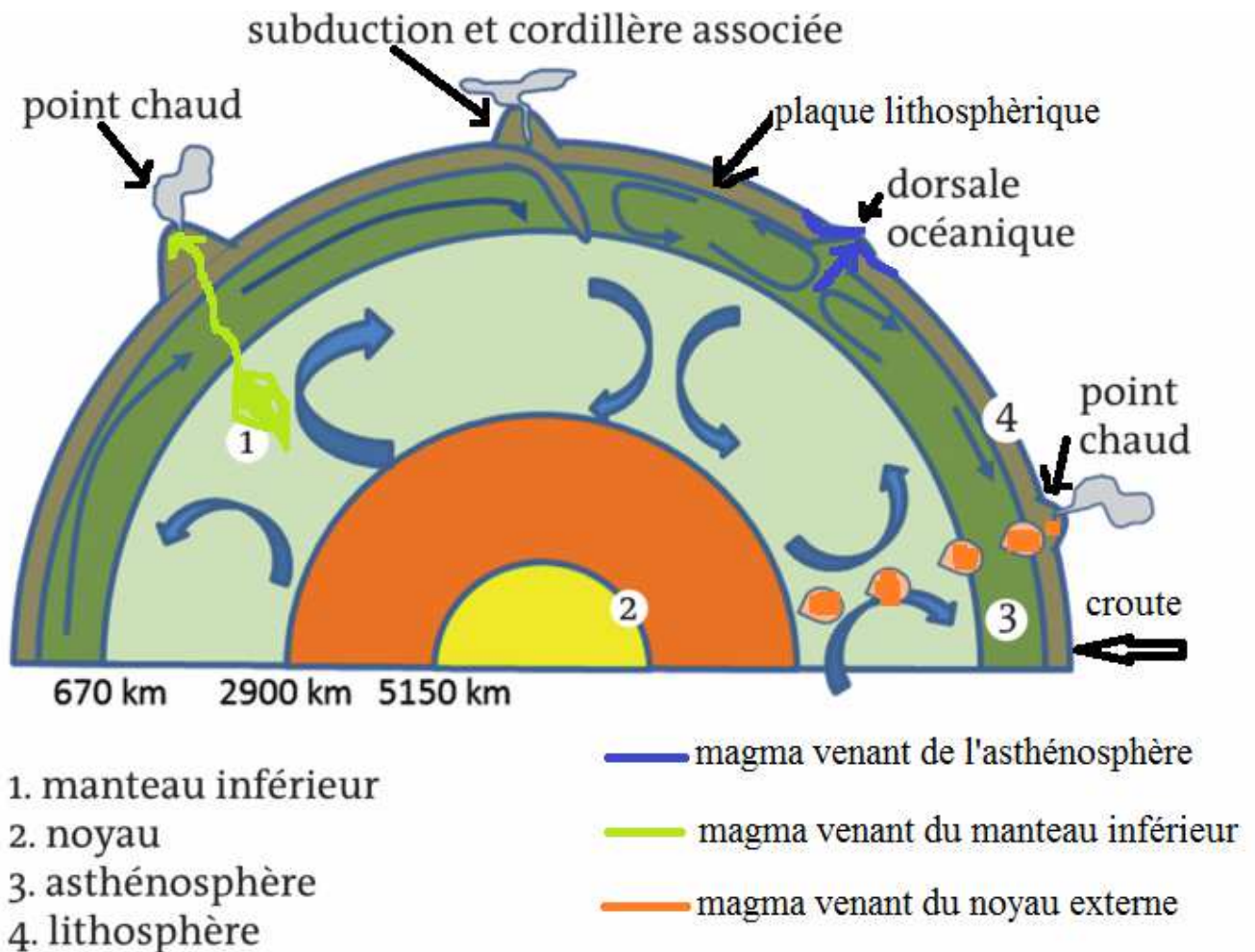


Un schéma pour ce qui se passe à l'intérieur du manteau terrestre :



Noter que « chaud » et « froid » sont à relativiser aussi dans ce schéma !

Un autre schéma :



d- Les mouvements des plaques les unes par rapport aux autres.

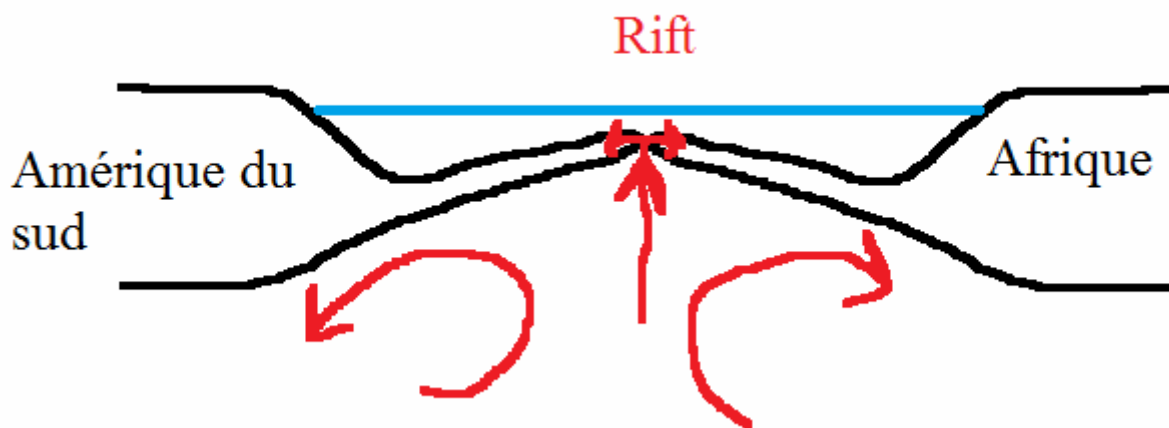
La croûte lithosphérique est constituée de plaques en mouvements les unes par rapport aux autres.

Aux frontières de ces plaques se localisent volcans et séismes.

Mouvements d'écartement.

Là où les plaques s'écartent au niveau d'un rift (ou dorsale) il y a **accrétion : formation de la nouvelle croûte provoquant l'écartement des plaques.**

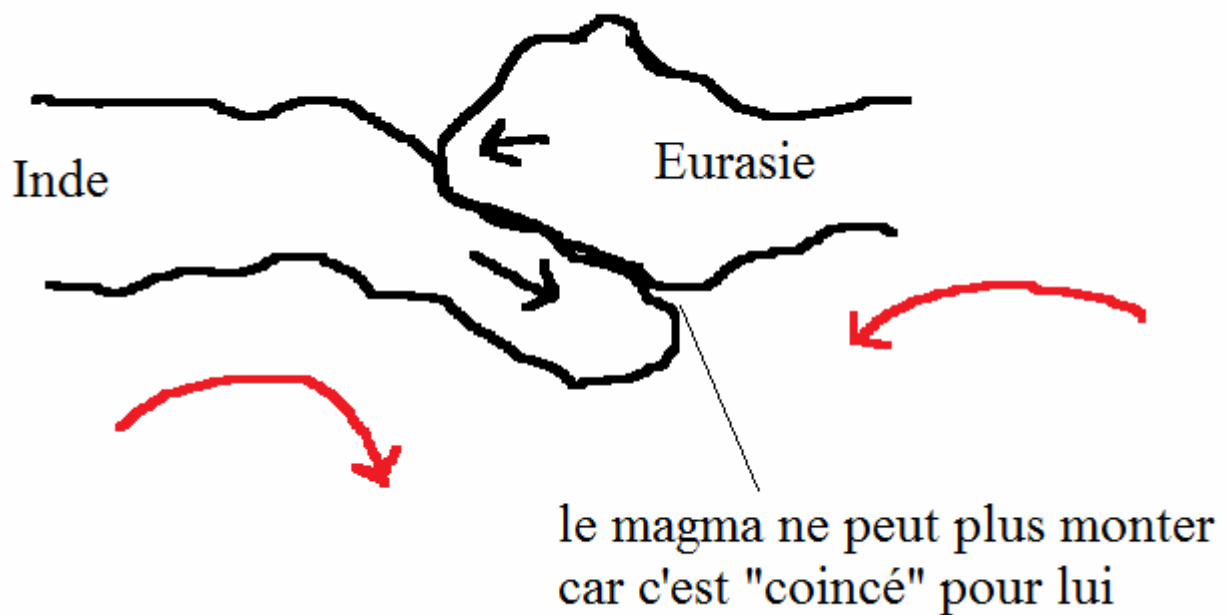
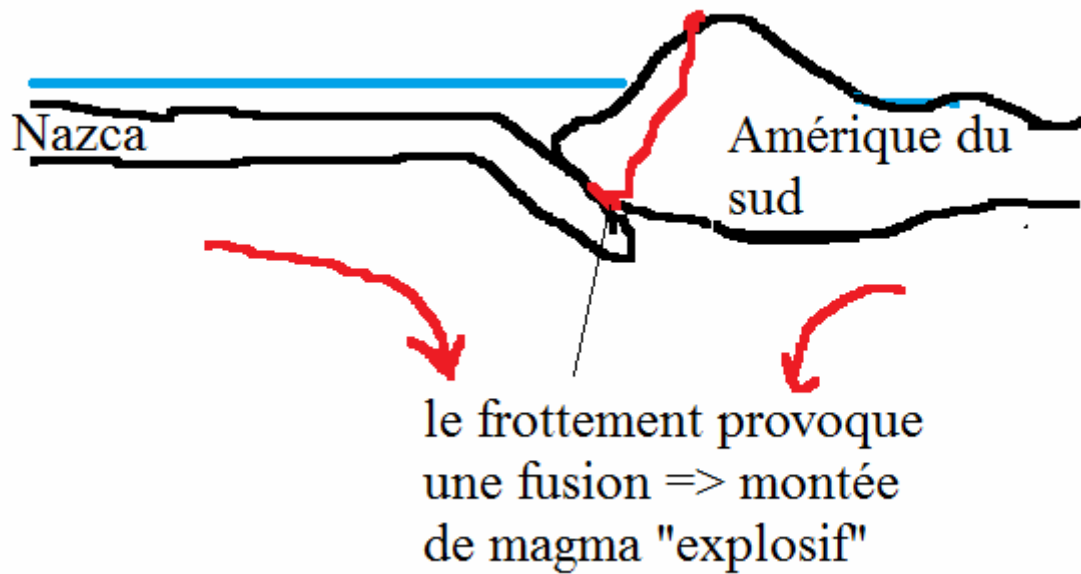
Exemple : l'Amérique du Sud et L'Afrique s'écartent au niveau du rift médio atlantique.



Mouvements de convergence.

Là où les plaques se heurtent ou se chevauchent au niveau d'une chaîne de montagne il y a **subduction : une plaque passe sous l'autre avec disparition de croûte.**

Exemples : Nazca passe sous l'Amérique du sud ; l'Inde passe sous l'Eurasie au niveau de l'Himalaya.



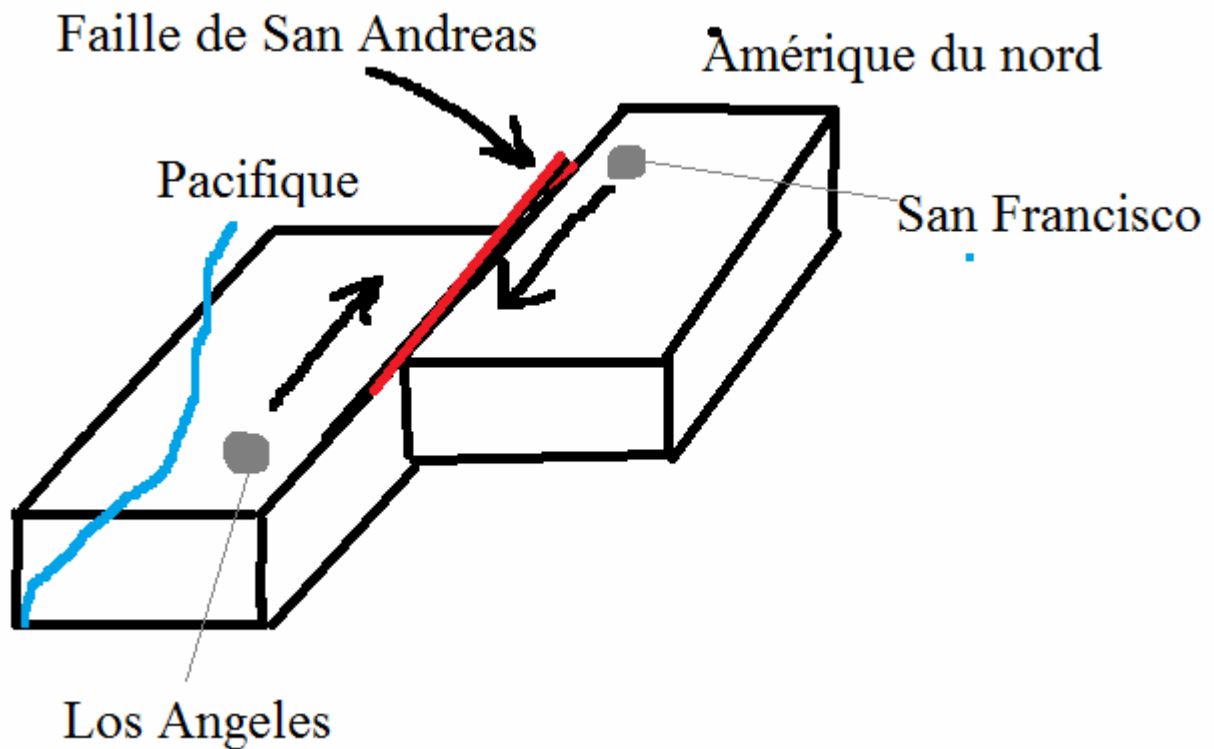
### Mouvements de coulissements.

Dans certains cas les plaques coulissent l'une contre l'autre, elles se déplacent parallèlement l'une contre l'autre, c'est ce qu'on appelle une faille transformante.

L'exemple le plus connu est celui de la faille de San Andréas en Californie.

Faille transformante : frontière entre deux plaques qui se déplacent parallèlement l'une par rapport à l'autre.

Exemple : la faille de San Andrés entre laquelle coulisent les plaques pacifique et d'Amérique du nord.

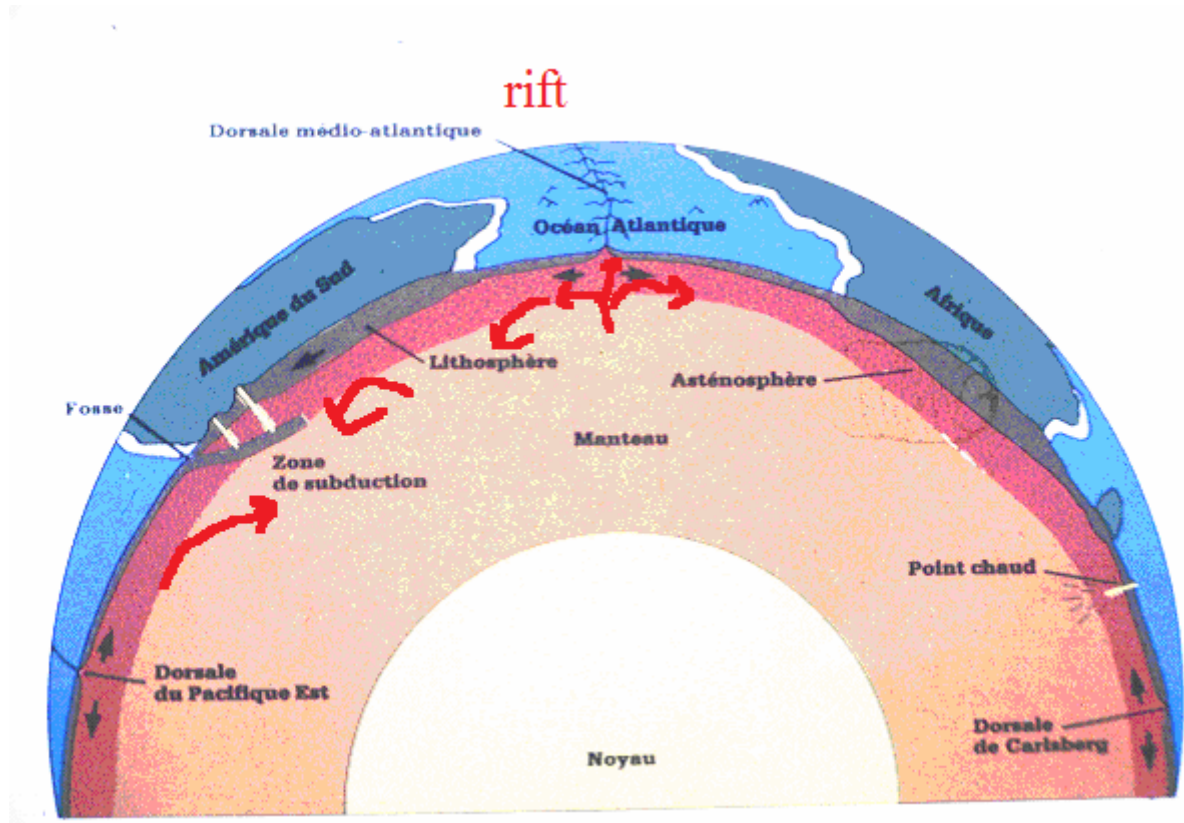


A Los Angeles, la plaque Pacifique n'est pas sous l'eau.

Remarque : dans tous les cas, l'épaisseur de la croûte (solide) s'accroît du fait du refroidissement de la Terre depuis 4,5 milliards d'années.



Un dessin récapitulatif :



Si les mouvements actuels se poursuivent, voici comment on peut penser la géographie du monde dans 50 millions d'années (dessin fait par Dougal Dixon, dans son livre « World after Man », 1981)



## Ce qui est à savoir :

L'énergie produite par la Terre a pour origine la radioactivité de certains éléments chimiques.

L'énergie est produite à l'intérieur du volume de la Terre, elle s'évacue vers sa surface.

Cette évacuation s'effectue par transfert de matière de l'intérieur vers l'extérieur.

Ces transferts de matière sont des mouvements très lents de matière à l'intérieur du noyau, puis du manteau. Mouvements très lents car ils s'effectuent à une vitesse de quelques centimètres (cm) par an.

Les mouvements de matière ont des conséquences à la surface de la Terre : éruption volcaniques, séismes, deux phénomènes parmi d'autres liés à la tectonique des plaques.

Les mouvements de la croûte en surface sont de trois sortes :

- écartement (ou accréation),
- convergence (ou subduction),
- coulissement (ou transformant).

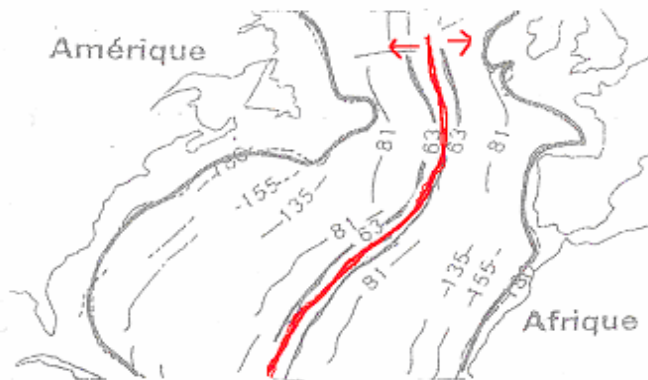
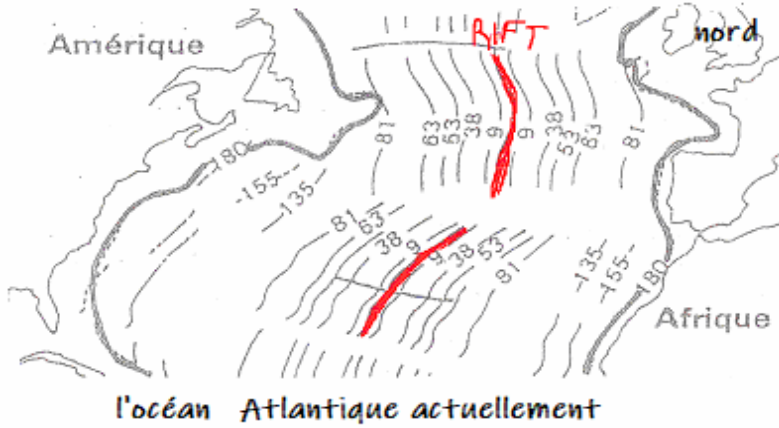
## Exercices

1. exemple de la formation de l'océan Atlantique.

Une carte des côtes de l'Atlantique au cours du temps, aujourd'hui, il y a 63 millions d'années, il y a 135 millions d'années.

Rift = chaîne volcano-sismique à partir de laquelle 2 plaques s'écartent

les chiffres indiquent l'âge des roches du fond de l'océan



**Exercices :** (rappel : vous devrez répondre en suivant les modèles montrés dans les corrections lorsque des questions équivalentes seront posées en contrôle).

**Question A-** L'Atlantique était-il plus large il y a 63 millions d'années ?

Réponse : non, la carte montre qu'il était moins large.

**Question B-** L'Atlantique est large de 4 000 km (dans sa plus grande largeur).

Son ouverture a commencé il y a 200 millions d'années.

A quelle vitesse moyenne s'élargit l'Atlantique depuis 200 millions d'années (mA) ?

Réponse :

Distance

Vitesse =  $\frac{\text{Distance}}{\text{Temps}}$  ou Vitesse = Distance/Temps

Posons le calcul

4 000 km

Vitesse =  $\frac{\text{Distance}}{\text{Temps}}$  On constate qu'il faut changer d'unité de mesure. On prend les cm au lieu des km

400 000 000 cm

4

Vitesse =  $\frac{400\,000\,000 \text{ cm}}{200\,000\,000 \text{ ans}}$  = 2 cm/an

200 000 000 ans

2

**Question C-** La vitesse d'élargissement de l'Atlantique est (en moyenne) de 2 cm/an.

Quelle sera sa largeur dans 50 millions d'années (mA) ?

Réponse :

Largeur dans 50 mA = largeur actuelle + largeur mise en place en 50 mA.

Remarques :

- ne pas confondre « dans » 50 mA (date annoncée) avec « en » 50 mA (durée annoncée).

- il convient de calculer la largeur mise en place en 50 mA à partir de la formule de la vitesse.

Une largeur est une distance.

$$\text{Distance} = \text{Vitesse} \times \text{Temps} \quad \text{km}$$

$$\text{Distance} = 2 \text{ cm/an} \times 50\,000\,000 \text{ ans} = 100\,000\,000 \text{ cm} = 1\,000 \text{ km}$$

Rappel : 1 km = 1 000 m ; 1 m = 100 cm

Revenons à la formule :

$$\begin{array}{rclcl} \text{Largeur dans 50 mA} & = & \text{largeur actuelle} & + & \text{largeur mise en place en 50 mA} \\ 5\,000 \text{ km} & = & 4\,000 \text{ km} & + & 1\,000 \text{ km} \end{array}$$

**Question D-** La vitesse d'élargissement de l'Atlantique est (en moyenne) de 2 cm/an.

Quelle était la largeur il y a 50 millions d'années (mA) ?

Réponse :

$$\text{Largeur il y a 50 mA} = \text{largeur actuelle} - \text{largeur mise en place depuis 50 mA.}$$

Remarques :

- ne pas confondre « depuis » 50 mA (date annoncée) avec « il y a » 50 mA (durée annoncée).
- cette fois, dans la formule c'est « moins » au lieu de « plus » : l'océan **était** moins large il y a 50 millions d'années ; il **sera** plus large dans 50 millions d'années.
- il convient de calculer la largeur mise en place il y a 50 mA à partir de la formule de la vitesse.

Une largeur est une distance.

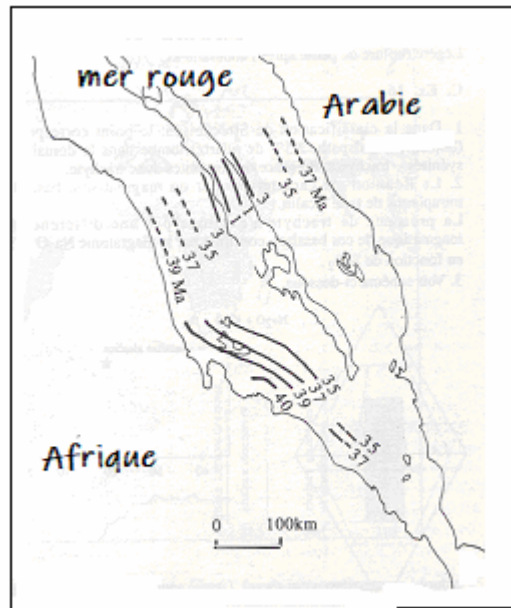
$$\text{Distance} = \text{Vitesse} \times \text{Temps}$$

$$\text{Distance} = 2 \text{ cm/an} \times 50\,000\,000 \text{ ans} = 100\,000\,000 \text{ cm} = 1\,000 \text{ km}$$

Revenons à la formule :

$$\begin{array}{rclcl} \text{Largeur il y a 50 mA} & = & \text{largeur actuelle} & - & \text{largeur mise en place depuis 50 mA.} \\ 3\,000 \text{ km} & = & 4\,000 \text{ km} & - & 1\,000 \text{ km} \end{array}$$

## Exercice d'application



**Question E-** La Mer Rouge est large de 300 km (dans sa plus grande largeur).

Son ouverture a commencé il y a 40 millions d'années.

A quelle vitesse moyenne s'élargit la Mer Rouge depuis 40 millions d'année (mA) ?

**Question F-** La vitesse d'élargissement de la Mer Rouge est (en moyenne) de 0,75 cm/an.

Quelle sera sa largeur dans 10 millions d'années (mA) ?

**Question G-** La vitesse d'élargissement de la Mer Rouge est (en moyenne) de 0,75 cm/an.

Quelle était la largeur il y a 10 millions d'années (mA) ?

**Question H-** La Mer Rouge existait-elle il y a 50 millions d'années ?

## Les risques de catastrophe liés aux phénomènes géologiques.

### 1. Exemples de risques liés à des phénomènes géologiques :

- séismes (ou tremblements de terre) ;
- éruptions volcaniques (remarque : le volcan ne constitue pas un risque, c'est son éruption qui est dangereuse) ;
- glissements de terrains.

### 2. Prévision de ces risques.

Trois questions lorsqu'on fait de la prévision : comment ? où ? quand ? Pour les 2 dernières questions, les réponses se font à l'aide des statistiques établies à partir des observations au cours de l'histoire.

#### 2.1. Comment

On sait comment se produisent les éruptions volcaniques, les séismes, les glissements de terrain.

#### 2.2. Où

On appelle zones à risque les régions où les séismes et éruptions volcaniques ont plus de probabilité de se produire.

Pour les risques liés aux phénomènes géologiques, les zones à risque sont les frontières des plaques.

Si la localisation d'un volcan est précise, celle du lieu où se produiront les séismes l'est beaucoup moins.

#### 2.3. Quand

On ne peut pas prévoir le moment précis (exact) où se dérouleront séismes ou éruptions volcaniques. Celles-ci s'annoncent par de légers séismes dus à la montée du magma mais ces séismes ne sont souvent détectables que par des sismographes installés près du volcan surveillé.

S'annoncer ne signifie pas forcément qu'on connaît le moment où l'éruption aura lieu : on savait dès le mois de janvier 1980 que le Mont Saint-Helens allait entrer en éruption, celle-ci a eu lieu début mai.

Pour la prévision du moment d'un séisme, aucune méthode n'a été fiable à ce jour.

Pour les glissements de terrains il en va de même. Voyez l'incident qui s'est produit à Breil-sur-Roya (Alpes-Maritimes, début février 2006), 90 tonnes de rochers qui se sont abattus sur la route départementale 6204 dans la vallée de la Roya, on savait que le risque existait mais pas quand l'éboulement aurait lieu (remarque : les Alpes sont une zone de frontière de plaque).

### 6.3. Actions humaines contre ces risques de catastrophes.

L'être humain ne peut pas empêcher ces catastrophes de se produire.

Il peut seulement essayer d'en limiter les effets en agissant avant qu'elles ne se produisent.

c'est à dire faire de la prévention et gérer le risque :

- information des populations sur la nature du risque et sur les comportements à adopter ;
- favoriser les comportements responsables et raisonnables (éviter la panique) ;
- prévoir l'évacuation des populations et l'organisation des secours ;
- prévoir des constructions adaptées ;
- surveiller la zone à risque.

Remarque : un grand nombre d'êtres humains vivent dans des zones à risque géologique à cause des bienfaits qu'ils peuvent y trouver :

- les régions volcaniques sont souvent très fertiles pour l'agriculture (comme la région du Vésuve depuis l'antiquité);
- certaines régions à haute sismicité ont des économies florissantes : Japon, Californie, Méditerranée.

**Ce qui est à retenir :**

**Prévenir c'est agir avant pour limiter les dégâts<sup>1</sup> ;**

**Prévoir c'est répondre aux questions : où ? quand ? comment ?**

Bien sûr, pour prévenir, il faut prévoir.

---

<sup>1</sup> La prévention concerne toute chose pouvant avoir des conséquences néfastes (pas seulement les risques liés aux phénomènes géologiques.

Ainsi on fait de la prévention routière (limiter les dégâts associés aux accidents de la route (limitation de la vitesse, port de la ceinture de sécurité, vérification des véhicules pour ne pas faire rouler ceux en mauvais état, etc.) et ça marche puisque en 40 ans le nombre de morts sur els routes est passé d'une trentaine de mille à trois mille.

Ainsi on fait de la prévention « sida » pour les femmes contaminées par le VIH et qui sont enceintes ; on fait passer le nombre de bébés ainsi contaminés de 30% de probabilité que leur mère séropositive pour le VIH les contamine à moins de 1%.

**La prévention ça marche !** Mais on limite les dégâts, il y en aura toujours...