

# *Dérivé des continents* & *Tectonique des plaques*

## **Introduction**

La théorie de *la tectonique des plaques* (apparue dans les années 60) regroupe deux notions fondamentales : *la dérive des continents* et *l'expansion océanique*.

### **I. La dérive des continents :**

#### **I.1. Définition :**

Est une *théorie* proposée au début du XIX<sup>ème</sup> siècle par le physicien-météorologue **Alfred Wegener** (migration des continents), pour tenter d'expliquer, entre autres, la *similitude* dans le tracé des côtes de part et d'autre de l'Atlantique. (Se traduit par des déplacements de plaques lithosphériques).

#### **I.2. Les arguments (preuves) de la dérive des continents sont :**

- ✓ Le parallélisme des côtes (la similitude de la forme des rivages continentaux);
- ✓ La répartition de certains fossiles (les faunes et flores fossiles similaires avant le Mésozoïque sur des continents);
- ✓ Les traces d'anciennes glaciations [Il y a des sédiments carbonifères (glaciaires et houillers) retrouvés actuellement sur des continents dont la position est incohérente avec les environnements associés;
- ✓ La correspondance des structures géologiques (*Bourque P.A., 2004*).

C'est-à-dire, il y a des **arguments** :

**Paléoclimatique** : Traces de glace permo-carbonifère dans l'hémisphère sud → sens d'écoulement de la glace, qui provient des bassins des océans indiens et pacifique → continents de l'hémisphère sud = Gondwana.

**Paléontologique** : Fossiles de plantes et animaux en Amérique du Sud et Afrique, besoin d'eau douce → Pangée : Tous les continents étaient regroupés au Trias.

**Géologique** : Les roches ainsi que leurs âges sont similaires en A du Sud et en Afrique : Les côtes guinéennes et du Brésil s'assemblent parfaitement.

**Géodésique** : Les USA s'éloignent de l'Europe de 2.5 cm/an

**Structuraux** : Failles de mêmes ensembles lithologiques de part et d'autre de l'Atlantique.

#### **I.3. Les conditions de la dérive des continents sont :**

- ✓ L'existence d'une **lithosphère rigide** reposant sur l'**asthénosphère ductile** permettant le découplage mécanique avec le manteau profond.
- ✓ La lithosphère est composée d'**un nombre fini de plaques** dont les limites (zones de subduction, failles transformantes et dorsales) correspondent à des zones sismiques.
- ✓ Les déplacements horizontaux des plaques sont dus à des **mouvements convectifs** dans le manteau.

#### **I.4. Les grandes étapes de la dérive des continents sont :**

- ✓ Vers la limite entre le Paléozoïque (**PZ**) et le Mésozoïque (**MZ**) [il y a environ 250Ma], on distingue une seule masse continentale, la *Pangée* entourée d'un océan, la *Panthalassa*.

✓ Puis cette masse continentale éclate pour former deux sous-ensembles, la **Laurasia** et le **Gondwana**, bordés à l'Ouest par un nouvel océan, la **Téthys**.

✓ Ces blocs continentaux continuent de se fragmenter (et éventuellement converger) pour donner progressivement naissance aux **plaques et océans** actuels.

## **II. L'expansion océanique (expansion des fonds océaniques):**

Mécanisme d'ouverture des océans. La croûte océanique se forme sans cesse par apport de magma au niveau des dorsales et s'élargit symétriquement par rapport à celles-ci.

✓ **Une dorsale** : Zone où se crée la lithosphère, très large, très profonde [60 000 km de long pour l'Atlantique]. Elle est composée d'un rift central (vallée limitée par des failles) et entourée de volcans (tremblements peu profonds). La profondeur de l'océan augmente depuis les dorsales -> bassins océaniques (6000m pour l'Atlantique) ;

✓ **L'expansion des océans** : Vastes mouvements de convection entraînant la lithosphère comme un tapis roulant des dorsales ( fusion partielle) -> jusqu'à lieu de disparition. La plaque lithosphérique s'épaissit par refroidissement, provoquant une augmentation de sa densité ;

✓ **Nouvel océan** : Fissuration du continent en 2 plaques séparées par lithosphère océanique qui s'y infiltre.

## **III. Tectonique des plaques: « Tout bouge en profondeur, tout change en surface ».**

**Tectonique** : Est cette partie de la géologie qui étudie la nature et les causes des déformations des ensembles rocheux, plus spécifiquement dans ce cas-ci, les déformations, à grande échelle, de la lithosphère terrestre.

**Plaque** : Est un volume rigide, peu épais par rapport à sa surface.

**Tectonique des plaques** : Est une théorie *scientifique planétaire unificatrice* qui propose que *les déformations de la lithosphère sont reliées aux forces internes de la terre et que ces déformations se traduisent par le découpage de la lithosphère en un certain nombre de plaques rigides (14) qui bougent les unes par rapport aux autres en glissant sur l'asthénosphère.*

Chacune de ces plaques peut comporter à la fois de la lithosphère océanique et de la lithosphère continentale. Trois plaques seulement sont entièrement océaniques : la plaque Pacifique, Nazca et Cocos. *Le mouvement des plaques s'effectue en réponse à la libération de la chaleur interne de la terre.* En se dissipant, cette chaleur met en mouvement ses couches internes et externes. Cette chaleur provient de deux sources :

✓ La première source est héritée de l'époque de sa formation par accréation il y'a 4,55 milliards d'années ;

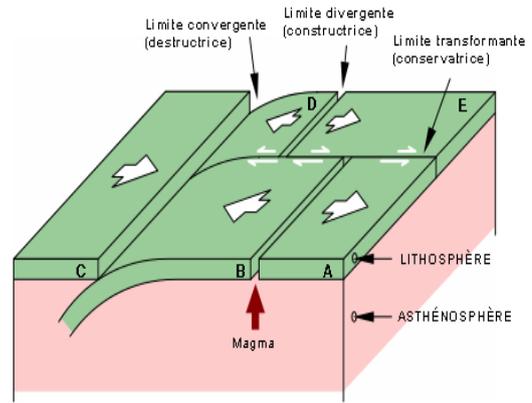
✓ La deuxième source provient de la désintégration des éléments radioactifs (U, Th, K..).

La chaleur se propage par différents mécanismes de conduction et de convection. Dans les couches solides, elle est transmise par conduction, alors que dans les masses liquides se développent des courants de convection. Seraient, dans la zone externe du noyau, responsables du champ magnétique terrestre, et dans le manteau, responsables des processus liés à la tectonique des plaques. Ces mouvements définissent trois

types de frontières entre les plaques (*Bourque P.A., 2004*) :

- **Les frontières divergentes**, là où les plaques s'éloignent les unes des autres et où il y a production de nouvelle croûte océanique; ici, entre les plaques A et B, et D et E;

- **Les frontières convergentes**, là où les plaques entrent en collision, conséquence de la divergence; ici, entre les plaques B et C, et D et C;



- **Les frontières transformantes**, lorsque les plaques glissent latéralement les unes contre les autres le long de failles ; ce type de limites

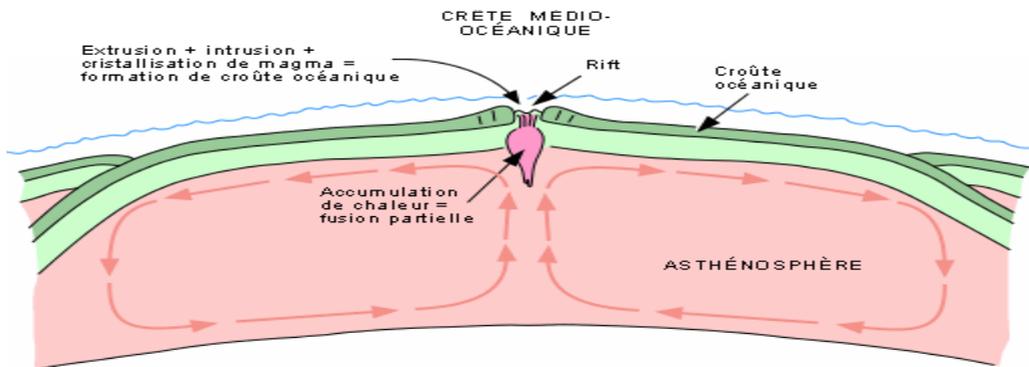
permet d'accomoder des différences de vitesses dans le déplacement de plaques les unes par rapport aux autres, comme ici entre A et E et entre B et D, ou même des inversions du sens du déplacement comme ici entre les plaques B et E.

*Le mouvement des plaques tectoniques est assuré par les grandes cellules de convection dans le manteau, qui sont le résultat du flux de chaleur qui va du centre vers l'extérieur de la terre.*

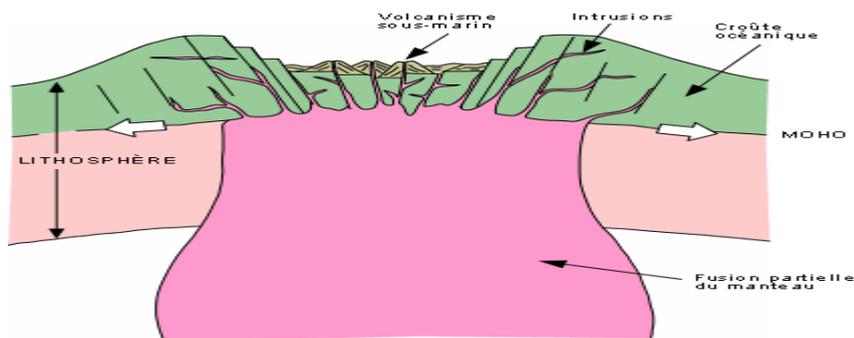
### III.1. Les trois types de frontières

#### a. Les frontières divergentes :

Un **flux de chaleur** qui va du centre vers l'extérieur de la terre, un flux causé par la désintégration radioactive de certains éléments chimiques dans le manteau et qui engendre des cellules de convection dans le manteau plastique (asthénosphère). A cause de cette convection, il y a concentration de chaleur en une zone où le matériel chauffé se dilate, ce qui explique le soulèvement correspondant à la dorsale océanique. La concentration de chaleur conduit à une fusion partielle du manteau qui produit du magma. La convection produit, dans la partie rigide de l'enveloppe de la terre (lithosphère), des forces de tension qui font que deux plaques divergent; elle est le moteur du tapis roulant, entraînant la lithosphère océanique de part et d'autre de la dorsale. Entre ces deux plaques divergentes, la venue de magma crée de la nouvelle croûte océanique (*Bourque P.A., 2004*).

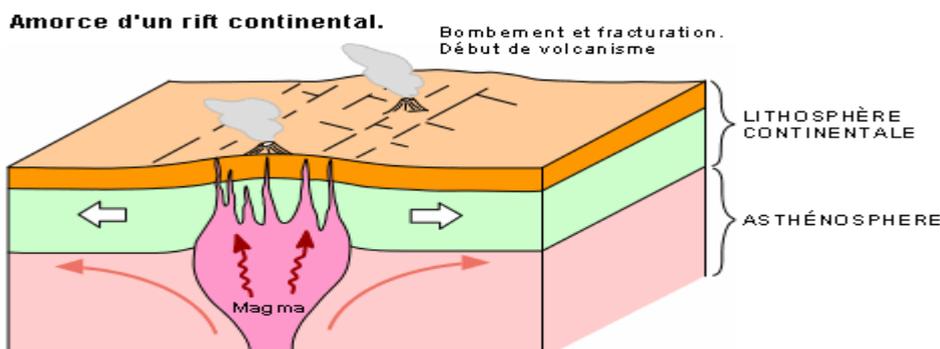


Le schéma suivant est un gros plan de la zone de divergence:

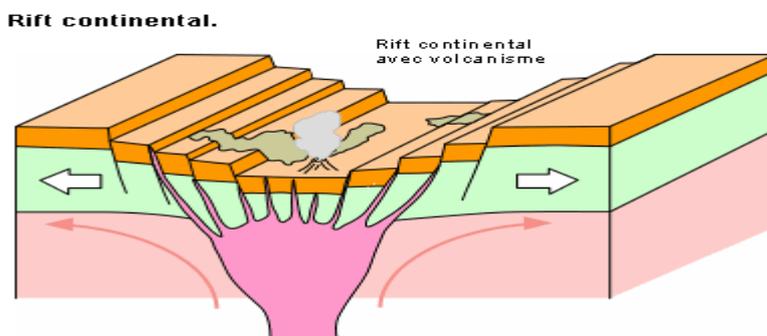


L'étalement des fonds océaniques crée dans la zone de dorsale, des tensions qui se traduisent par des failles d'effondrement et des fractures ouvertes, ce qui forme au milieu de la dorsale, un fossé d'effondrement qu'on appelle un rift océanique. Le magma produit par la fusion partielle du manteau s'introduit dans les failles et les fractures du rift. Une partie de ce magma cristallise dans la lithosphère, alors qu'une autre est expulsée sur le fond océanique sous forme de lave et forme des volcans sous-marins. C'est ce magma cristallisé qui forme de la nouvelle croûte océanique à mesure de l'étalement des fonds.

Les schémas qui suivent illustrent les quatre étapes de la formation d'un océan.

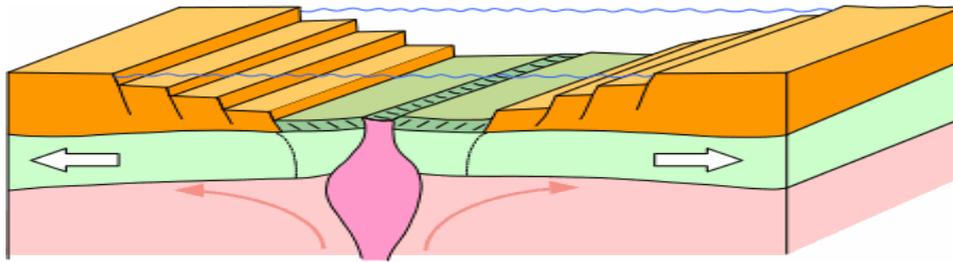


L'accumulation de chaleur sous une plaque continentale cause une dilatation de la matière qui conduit à un bombement de la lithosphère. Il s'ensuit des forces de tension qui fracturent la lithosphère et amorcent le mouvement de divergence conduit par l'action combinée de la convection mantellique et la gravité. Le magma viendra s'infiltrer dans les fissures, ce qui causera par endroits du volcanisme continental; les laves formeront des volcans ou s'écouleront le long des fissures.



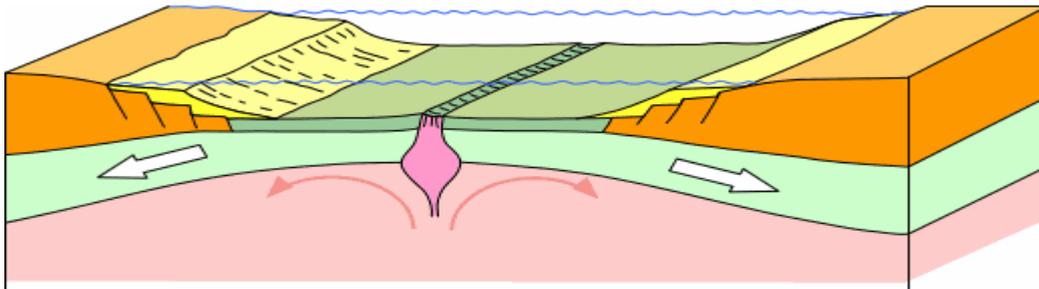
La poursuite des tensions produit un étirement de la lithosphère; il y aura alors effondrement en escalier, ce qui produit une vallée appelée un rift continental.

**Premier plancher océanique - Mer linéaire.**



Deux morceaux de lithosphère continentale se séparent et s'éloignent progressivement l'un de l'autre.

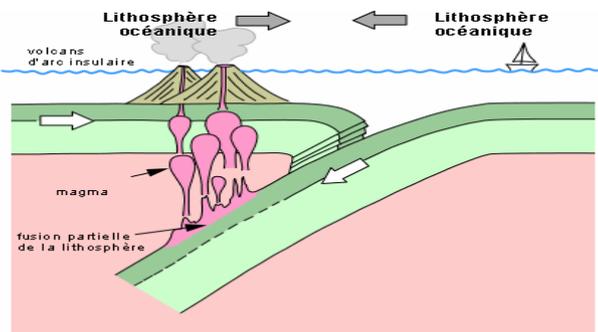
**Océan de type Atlantique**



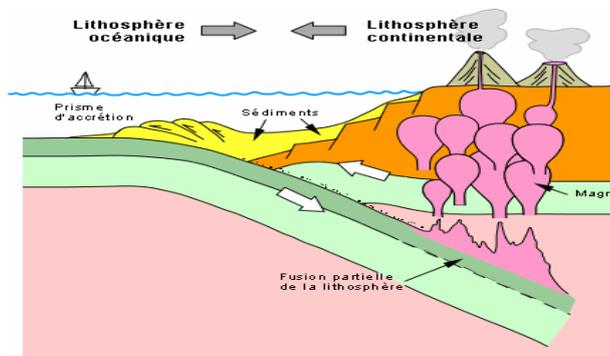
**b. Les frontières convergentes :**

La surface de la terre est un espace fini, le fait que les **plaques** grandissent aux frontières divergentes implique qu'il faudra détruire de la lithosphère ailleurs pour maintenir constante la surface terrestre. Cette destruction se fait aux frontières convergentes qui, comme le nom l'indique, marquent le contact entre deux **plaques** lithosphériques qui convergent l'une vers l'autre. La destruction de plaque se fait par l'enfoncement dans l'asthénosphère d'une plaque sous l'autre plaque, et par la digestion de la portion de plaque enfoncée dans l'asthénosphère. (*Bourque P.A., 2004*).

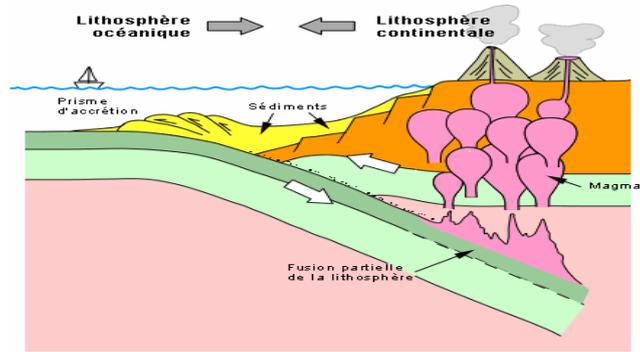
**a. Un premier type de collision** résulte de la convergence entre deux **plaques** océaniques. Dans ce genre de collision, une des deux **plaques** (la plus dense, généralement la plus vieille) s'enfonce sous l'autre pour former une zone de subduction.



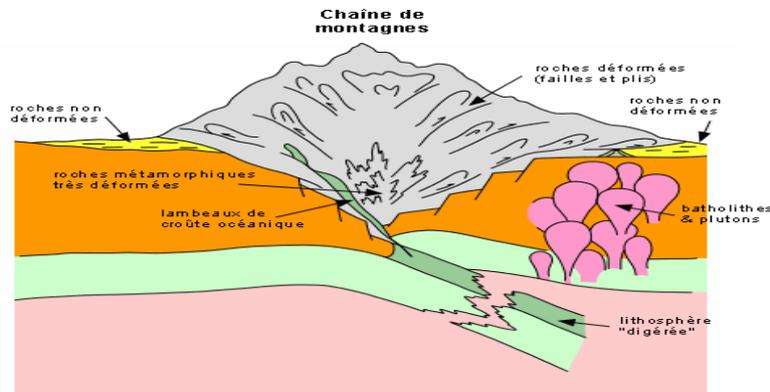
**b. Un second type de collision** est le résultat de la convergence entre une plaque océanique et une plaque continentale. Dans ce type de collision, la plaque océanique plus dense s'enfonce sous la plaque continentale.



c. Un **premier type de collision** résulte de la convergence entre deux **plaques** océaniques. Dans ce genre de collision, une des deux **plaques** (la plus dense, généralement la plus vieille) s'enfonce sous l'autre pour former une zone de subduction .



Lorsque les deux **plaques** entrent en collision, le mécanisme se coince: le moteur du déplacement (la convection dans le manteau supérieur et la gravité) n'est pas assez fort pour enfonce une des deux **plaques** dans l'asthénosphère à cause de la trop faible densité de la lithosphère continentale par rapport à celle de l'asthénosphère. Tout le matériel sédimentaire est comprimé et se soulève pour former une chaîne de montagnes où les roches sont plissées et faillées. C'est la soudure entre deux **plaques** continentales pour n'en former qu'une seule.



Toutes les grandes chaînes de montagnes plissées ont été formées par ce mécanisme. Un bon exemple récent de cette situation, c'est la soudure de l'Inde au continent asiatique, il y a à peine quelques millions d'années, avec la formation de l'Himalaya

### c. les frontières transformantes

Les frontières transformantes correspondent à de grandes fractures qui affectent toute l'épaisseur de la lithosphère; on utilise plus souvent le terme de failles transformantes. Elles se trouvent le plus souvent, mais pas exclusivement, dans la lithosphère océanique. Ces failles permettent d'accomoder des différences dans les vitesses de déplacement ou même des mouvements opposés entre les **plaques**, ou de faire le relais entre des limites divergentes et convergentes (*Bourque P.A., 2004*).

### III.2. A quel rythme se font ces mouvements de divergence et de convergence?

Les taux de divergence et de convergence ne sont pas identiques partout. La divergence varie de 1,8 à 4,1 cm/an dans l'Atlantique et de 7,7 à plus de 18 cm/an dans le Pacifique. La convergence se fait à raison de 3,7 à 5,5 cm/an dans le Pacifique. À noter le taux de déplacement latéral relatif le long de la faille de San Andreas en Californie (~ 5,5 cm/an).

### **III.3. Déplacements des plaques sur la sphère**

En fait les choses sont un peu plus compliquées que cela : tout déplacement sur la surface d'une sphère (ici la Terre) est assimilable à une rotation autour d'un axe vertical passant par un point situé quelque part sur la surface de cette même sphère. La vitesse  $V$  de n'importe quel point sur une plaque donnée dépend donc simplement de sa distance  $R$  par rapport au pôle de rotation de la plaque, et de la vitesse de rotation de cette plaque autour de ce pôle de rotation. Le tableau suivant donne les positions des pôles de rotation, ainsi que les vitesses de rotation autour de ces pôles en degrés par million d'années, déterminés pour les 12 grandes **plaques**

Dérivé des continents et tectonique des plaques

### **III.4. Déplacements des 12 plaques**

Ces plaques se déplacent, entraînées par la convection dans le manteau. Les vitesses de ces déplacements vont de presque rien à plusieurs centimètres par an, jusqu'à 20 cm/an dans certaine région du Sud-Est asiatique (Papouasie-Nouvelle Guinée) et du Pacifique (Tonga-Kermadec) !

Comme tout bouge à la surface de la Terre, il est nécessaire de dire par rapport à quoi exactement on définit un mouvement donné. On a constaté qu'un certain nombre de volcans (en général marins, les fameux points chauds !) ne bougeaient que très faiblement les uns par rapport aux autres : en gros, ils sont stables et les plaques « défilent » par dessus.

### **III.5. Sismicité et tectonique des plaques**

A cause de leurs mouvements, les plaques se « frottent » les unes aux autres ou se « tamponnent » les unes contre les autres. Les « chocs » des plaques les unes contre les autres sont l'origine des tremblements de Terre (ou séismes). Une des conséquences très importante de ce qui précède est que ces séismes ne se produisent pas n'importe où mais uniquement *le long des frontières entre les plaques*.

### **III.6. Subduction et Dorsale**

#### **A. Subduction :**

Lorsque deux plaques convergent, l'une s'enfonce sous l'autre, dans le manteau : c'est la subduction. Ce phénomène engendre séismes, volcanismes, et formation de chaînes de montagnes. Ce terme a été inventé par A. Amstrutz en 1951 pour les Alpes. Il désigne le processus au cours duquel une lithosphère s'enfonce sous une autre (à son époque, la théorie de la tectonique des plaques n'était pas encore élaborée). On appelle aussi les zones de **subduction** : *marges convergentes* ou *marges actives*.

#### **B. Dorsale :**

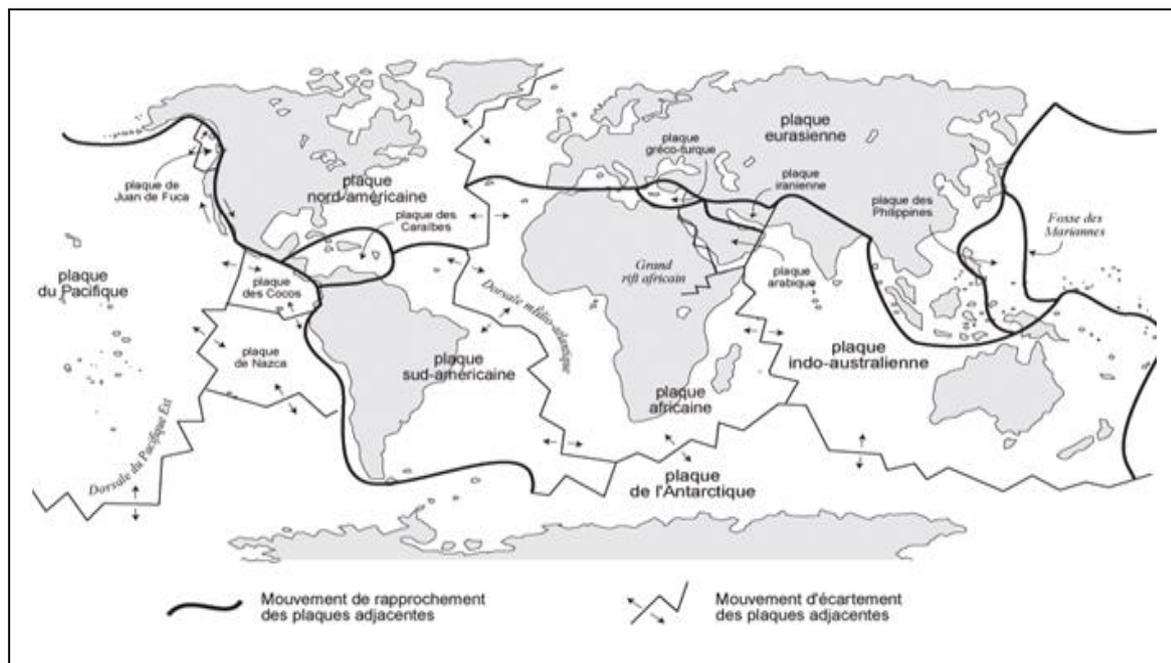
Les dorsales (médio-) océaniques, appelées également rides (médio-) océaniques forment des reliefs allongés au fond des océans. Larges de 1000 à 2000 km, elles sont longues de plus de 60 000 km et hautes de plus de 2000 m par rapport au plancher océanique. En certains points, le sommet peut atteindre la surface (Islande, Açores...). Au niveau des dorsales, la croûte océanique se forme sans cesse par apport

de magma. L'axe des dorsales est souvent marqué par une zone plus basse, c'est le rift, à ne pas confondre avec le premier stade de l'extension continentale aussi appelé rift.

### 3.2.7. Les principales plaques lithosphériques et leurs frontières.

Il y a en gros 12 grandes **plaques** tectoniques à la surface de la Terre (par ordre de taille):

1	PACIFIQUE	10 cm/an vers le Nord-Ouest
2	EURASIE	1 cm/an vers l'Est
3	AFRIQUE	2 cm/an vers le Nord
4	ANTARCTIQUE	Tourne sur elle meme
5	INDE-AUSTRALIE	7 cm/an vers le Nord
6	AMERIQUE DU NORD	1 cm/an vers l'Ouest
7	AMERIQUE DU SUD	1 cm/an vers le Nord
8	NAZCA	7 cm/an vers l'Est
9	PHILIPPINE	8 cm/an vers l'Ouest
10	ARABIE	3 cm/an vers le Nord-Est
11	COCO	5 cm/an vers le Nord-Est
12	CARAIBE	1 cm/an vers le Nord-Est



**Fig. 33 : Les principales plaques lithosphériques et leurs frontières.**

(Source : Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences, 1999)

En résumé ...

La terre est un système où toutes les pièces, tous les éléments, forment une grande machine mue par la thermodynamique. Ainsi, il y a formation continue de nouvelle lithosphère océanique au niveau de la dorsale et élargissement progressif de l'océan. En contrepartie, puisque le globe terrestre n'est pas en expansion, il faut détruire de la lithosphère, ce qui se fait par enfoncement de lithosphère océanique dans les zones de subduction qui correspondent aux fosses océaniques profondes pouvant atteindre les 11 km (fosse des Mariannes). Les dorsales sont disséquées par des failles dites transformantes pour accommoder des différences de vitesses de divergence.

A noter que l'iconographie de la *tectonique des plaques* présente toujours les dorsales comme des droites sur un plan. En fait, il faut bien comprendre que, la terre étant une sphère, le parcours de la dorsale est linéaire sur la surface de cette sphère. On représente aussi les cellules de convection en deux dimensions; il faut faire un effort d'abstraction pour se les représenter en trois dimensions, à l'intérieur de la sphère (*Bourque P.A., 2004*).

### ***Références bibliographiques***

**Houti F. B., 2012-** Les minéraux et les roches – Chapitre 2. Dépôt institutionnel de l'Université Abou Bekr Belkaid ,Tlemcen. 10p.

**Houti F. B., 2012-** Notion sur la tectonique – Chapitre 4. Dépôt institutionnel de l'Université Abou Bekr Belkaid ,Tlemcen. 38p.

**Houti F. B., 2012-** Notion sur la géodynamique – Chapitre 3. Dépôt institutionnel de l'Université Abou Bekr Belkaid ,Tlemcen. 1-17 pp.

**Ibrahima S., 2010-** Introduction à la structure faillée. La recherche en sciences humaines. Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.

**Moyen J. F., 2009-** Géologie structurale. Licence STE – S5. Département de Géologie, Faculté des Sciences et techniques du Saint-Étienne, Université Jean Monnet- Saint-Étienne, France .81-85pp.

**Pomerol C., Lagabrielle Y., et Renard M., 2006-** Éléments de Géologie. 13<sup>e</sup> Édition. Dunod, Paris. ISBN 210 048658 6. 158-297pp.

### ***Sites utiles à consulter***

1. <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s1/plan.section.1.html>

La dynamique interne de la terre.

2. <http://www.geowiki.fr/index.php?title=Roche>

Encyclopédie participative dédiée à la géologie et aux Sciences de la Terre.

3. <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/histoire-tectonique-plaques.xml>

Histoire de la théorie de la tectonique des plaques.

4. [http://aemq.org/FR/NOTIONS\\_GEOLOGIE/](http://aemq.org/FR/NOTIONS_GEOLOGIE/)

Notions de base en géologie