

Chapitre 6 : Géodynamique interne (Séisme, Volcan)

1) Séisme

Introduction

L'ébranlement brusque de la lithosphère en un point quelconque provoque des vibrations qui se transmettent à travers le globe. Le passage de ces vibrations constitue un tremblement de terre ou séisme.

Des instruments sensibles= sismographes, permettent d'enregistrer à plusieurs milliers de Km du point d'origine les caractéristiques de ces vibrations.

E = épicentre F = foyer

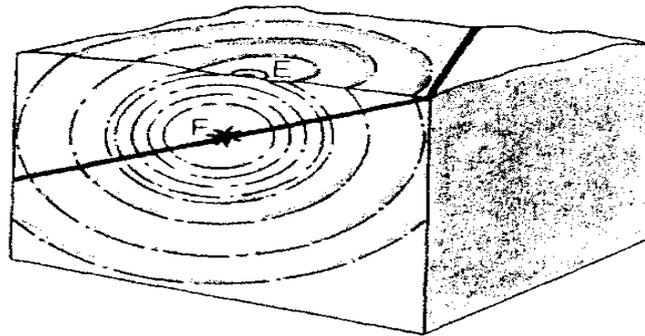


Fig. Foyer d'un séisme (Tavernier, 1988).

Définition : Un séisme est un mouvement bref du sol (quelque second à quelque min), du à l'arrivée d'ondes élastique transmises dans le globe à partir d'un point appelé **foyer**, ou **source** ou **hypocentre**. L'**épicentre** est un point de la surface du globe à la verticale du foyer.

La croûte terrestre est constituée de plusieurs grandes plaques qui évoluent les unes par rapport aux autres : certaines s'écartent, d'autres convergent, et d'autres coulisent. Environ 90% des séismes sont localisés au voisinage des limites de ces plaques.

Les plaques lithosphériques :

Une plaque lithosphérique est une ensemble rigide constitue par la partie supérieur du manteau et par une croute continental ou océanique l'épaisseur est de 100 à200km

La croute continentale et la croute océanique se distinguent par leur épaisseur, Elles différents aussi par la nature des roches qui luis constituent : la croute océanique est essentiellement formée de basaltes et de gabbros alors que la croute continentale est surtout granitique, Cette différence de nature entraine une variation de leur densité et donc de la propagation des ondes sismiques qui les traversent

Les séismes sont :

- Superficiels (les plus fréquents) foyer entre 0 et 60 Km de profondeur
- Intermédiaires : 60 et 300K
- Profondeur: 300 et 700 Km

Les causes : Les explosions volcaniques, la formation des failles, les exploitations artificielles d'une énergie suffisante, le remplissage de lacs artificiels sont les causes habituelles des séismes. Mais les tremblements de terre les plus importants sont dus au déplacement des plaques de la lithosphère.

- Explosions et vibrations de toutes natures produites par l'homme (lacs artificiels, explosions..) ==> séisme artificiel.
- Formation ou rejeu d'une faille ==> séisme tectonique.
- Déplacement du magma ==> séisme volcanique.
- Eboulement de cavité ==> séisme d'effondrement.
- Conséquences de travaux Tels que le remplissage des barrages ==> séisme induit

Différentes types des ondes sismiques :

Les **ondes sismiques** sont des ondes élastiques qui peuvent traverser un milieu en le modifiant selon la magnitude du séisme, Les ondes sismiques permettent de déterminer la structure interne du globe terrestre, On y reconnaît différents types d'onde :

- Les ondes de volumes : elles se propagent à l'intérieur du globe suivant des lois proches de celles de l'optique géométrique. On distingue :

* les ondes premières (P): les plus rapides, elles se propagent dans tous les milieux. Ce sont des ondes de compressions déplaçant les particules parallèlement à la direction de la propagation de l'onde.

Exemple : un ressort accroché à un mur qu'on tire et qu'on relâche plusieurs fois

* les ondes secondes (S) : quelques minutes plus tard, après les ondes P arrivent les ondes S beaucoup plus amples. Elles se propagent dans les solides et non dans les liquides. Ce sont des ondes de cisaillement déplaçant les particules perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde. Exemple : on agite une corde accrochée au mur.

- Les ondes de surface L: Lorsque les ondes de volume se réfléchissent sur des surfaces de discontinuités (et notamment sur la surface du globe), elles interfèrent et génèrent des ondes de surface (ondes longues = L), canalisées le long de la surface ou elles concentrent le maximum d'énergie.

-Elles se propagent à la manière de grandes vagues faisant onduler non pas lamé (raz de marée) mais aussi de la croûte terrestre. Ce sont elles qui font écrouler des villes entières lors des grands séismes.

Intensité d'un séisme :

L'intensité d'un séisme est définie en un lieu par rapport aux effets produits par ce séisme, qu'ils soient seulement observés ou ressentis par l'homme (réveil, chute d'objets, fissures ...) ou qu'ils aient causés des dégâts plus ou moins importants aux constructions. On parle alors d'effets macrosismiques.

L'intensité d'un séisme dépend du lieu d'observation des effets causés par le séisme. Elle décroît généralement lorsqu'on s'éloigne de l'épicentre du séisme mais varie aussi selon la structure géologique.

Plusieurs échelles d'intensité ont été définies. Les plus utilisées sont l'échelle de **Mercalli** qui date de 1902 et qui a été modifiée en 1956 et l'échelle MSK créée en 1964,. Ces deux échelles comportent 12° notés généralement en chiffres romains de I à XII. Le degré I correspond aux secousses les plus faibles, à peine ressenties, le degré XII aux secousses les plus fortes,

La magnitude d'un séisme :

La magnitude d'un séisme mesure la quantité de l'énergie libérée au foyer d'un séisme. Plus le séisme a libéré d'énergie, plus la magnitude est élevée, c'est une valeur intrinsèque du séisme, indépendante du lieu d'observation, des témoignages la population.. La notion de magnitude a été introduite en 1935 par l'Américain Charles Francis Richter.

On ne doit pas confondre magnitude et intensité :

- A l'inverse de la magnitude qui se calcule, l'intensité d'un séisme ne peut donner lieu qu'à une estimation.
- La magnitude est une valeur associée uniquement au séisme. L'intensité est associée au lieu d'observation.
- Il n'existe pas de véritable relation entre magnitude et intensité. Ainsi deux séismes de même magnitude peuvent donner en surface des intensités différentes. Inversement deux séismes de même intensité en un lieu peuvent avoir des magnitudes différentes.

Les catégories de séisme :

Un séisme est une secousse ou une série de secousses plus ou moins violentes du sol. Les séismes peuvent être naturels ou artificiels. Il est commode de les classer selon leur mode de génération :

Mécanisme au foyer	Séismes naturels	Séismes artificiels
Jeu d'une faille	<p><i>séismes tectoniques :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · rupture soudaine des roches 	<p><i>séismes induits par l'activité humaine :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · mise en eau d'un grand barrage · exploitation de gaz, etc
Explosion	<p><i>séismes volcaniques :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · fracturation des roches due à l'intrusion de magma · dégazage, oscillation propre du réservoir 	<ul style="list-style-type: none"> · tirs d'exploration sismique · tirs de mines et carrières · essais nucléaires souterrains
Implosion	<p><i>séismes d'effondrement :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · effondrement de cavités dans le gypse ou le calcaire · effondrement lié à un grand glissement de terrain 	<ul style="list-style-type: none"> · effondrements d'anciennes mines

2) Volcans

La **volcanologie** ou **vulcanologie** est la science qui étudie le volcanisme : volcans, geysers, fumerolles, éruptions volcaniques, magmas, laves, tephros, etc.

Un **volcanologue** ou **vulcanologue** est le scientifique spécialiste de cette branche de la géologie liée à la géodynamique et à la géomorphologie

2-1) Un volcan : est un ensemble géologique terrestre, sous-marin ou extra-terrestre qui résulte de la montée d'un magma puis de l'éruption d'une partie de ce magma. Le magma provient de la fusion partielle du manteau et exceptionnellement de la croûte terrestre. L'éruption peut se manifester, de manière plus ou moins combinée, par des émissions de lave, par des émanations ou des explosions de gaz, par des projections de tephros, par des phénomènes hydromagmatiques, etc. Les laves refroidies et les retombées de tephros constituent des roches éruptives qui peuvent s'accumuler et atteindre des milliers de mètres d'épaisseur formant ainsi des montagnes ou des îles. Selon la nature des matériaux, le type d'éruption, la fréquence d'éruption et l'orogénèse, les volcans prennent des formes variées, la plus typique étant celle d'une montagne conique couronnée par un cratère ou une caldeira.

2-2) Structures et reliefs :

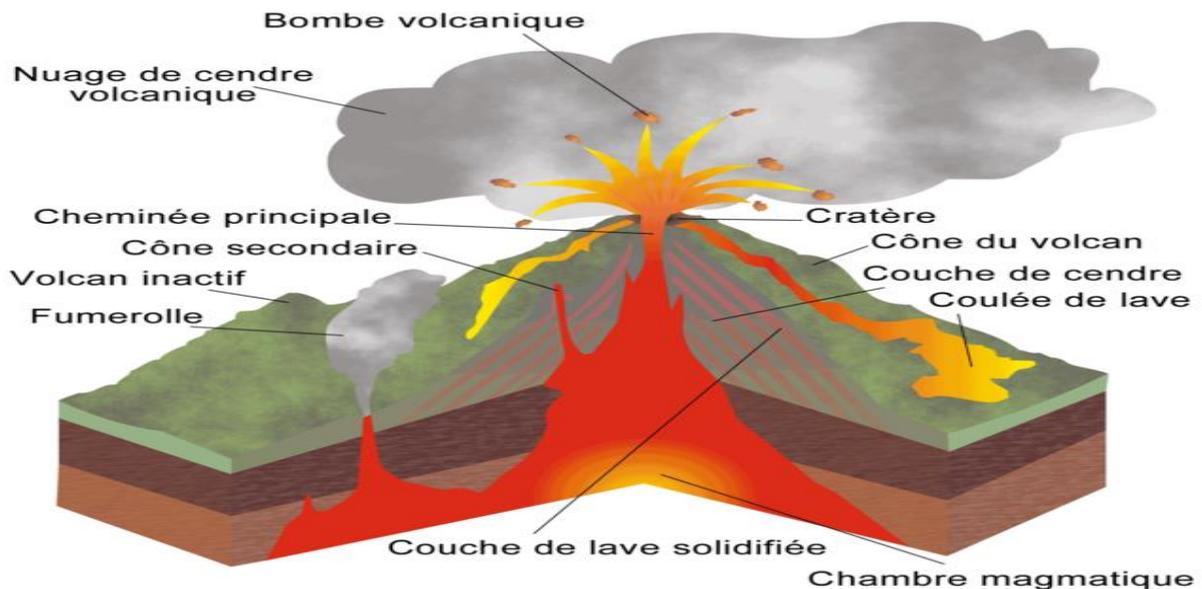
Un volcan est formé de différentes structures que l'on retrouve en général chez chacun d'eux :

- une **chambre magmatique** alimentée par du **magma** venant du **manteau** et jouant le rôle de réservoir et de lieu de différenciation du magma. Lorsque celle-ci se vide à la suite d'une **éruption**, le volcan peut s'affaisser et donner naissance à une **caldeira**. Les chambres magmatiques se trouvent entre dix et cinquante kilomètres de profondeur dans la **lithosphère**;
- Une **cheminée volcanique** qui est le lieu de transit privilégié du magma de la chambre magmatique vers la surface ;
- Un **cratère** ou une **caldeira** sommitale où débouche la cheminée volcanique ;
- Une ou plusieurs **cheminées volcaniques secondaires** partant de la chambre magmatique ou de la cheminée volcanique principale et débouchant en général sur les flancs du volcan, parfois à sa base ; elles peuvent donner naissance à de petits cônes secondaires ;
- Des **fissures latérales** qui sont des fractures longitudinales dans le flanc du volcan provoquées par son gonflement ou son dégonflement ; elles peuvent permettre l'émission de lave sous la forme d'une éruption fissurale.

2-3) Forme des volcans :

La classification la plus courante dans les ouvrages de vulgarisation distingue trois types de volcans suivant le type de lave qu'ils émettent et le type d'éruption :

- ✓ **En volcan bouclier** lorsque son diamètre est très supérieur à sa hauteur en raison de la fluidité des laves qui peuvent parcourir des kilomètres avant de s'arrêter ; *le Mauna Kea, l'Erta Ale*
- ✓ **En stratovolcan** lorsque son diamètre est plus équilibré par rapport à sa hauteur en raison de la plus grande viscosité des laves ; il s'agit des volcans aux éruptions explosives comme le *Vésuve, le mont Fuji, le Merapi ou le mont Saint Helens* ;
- ✓ **En volcan fissural** formé par une ouverture linéaire dans la croûte terrestre ou océanique par laquelle s'échappe de la lave fluide ; les volcans des dorsales se présentent sous forme de fissure comme *le Laki ou le Krafla*



Fig(02)Schéma structural d'un volcan type.

2-4) Origine du volcanisme :

D'après la théorie de la **tectonique des plaques**, le volcanisme est intimement lié aux mouvements des **plaques tectoniques**. En effet, c'est en général à la frontière entre deux plaques que les conditions sont réunies pour la formation de volcans.

2-4-1) Volcanisme de divergence ← →

L'écartement de deux **plaques tectoniques** amincit la **lithosphère**, entraînant une remontée de roches du **manteau**. Celles-ci, déjà très chaudes à environ 1 200 °C, se mettent à fondre partiellement en raison de la **décompression**. Cela donne du **magma** qui s'infiltre par des **failles normales**.. Ces roches volcaniques constituent ainsi une partie de la **croûte** océanique.

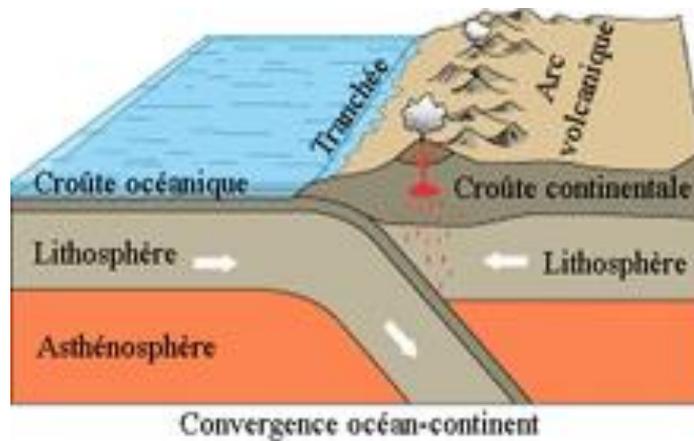
Dans les rifts continentaux, il se produit le même processus, à ceci près que la lave ne s'écoule pas sous l'eau et ne donne pas de laves en coussins. C'est le cas du volcanisme de la **dépression de l'Afar**.

2-4-2) Volcanisme de subduction

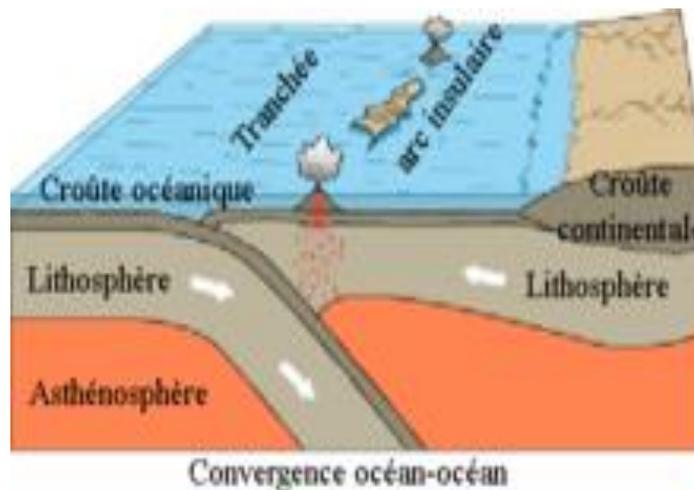
Lorsque deux **plaques tectoniques** se chevauchent, la **lithosphère océanique**, glissant sous l'autre lithosphère océanique ou continentale, plonge dans le **manteau** et subit des transformations minéralogiques.. Ce magma remonte et traverse la lithosphère chevauchante, créant des volcans.

- Si la lithosphère chevauchante est océanique, un **arc volcanique** insulaire se formera, les volcans donnant naissance à des îles. C'est le cas des **Aléoutiennes (golfe d'Alaska)**, du **Japon** ou des **Antilles**(Pays bas).

-Si la lithosphère chevauchante est continentale, les volcans se situent sur le continent, en général dans une **cordillère**. C'est le cas des volcans des **Andes**(USA). Ces volcans sont en général des volcans gris, explosifs et dangereux. Cela est dû à leur lave visqueuse car riche en **silice**, qui a du mal à s'écouler ; La « **ceinture de feu du Pacifique** » est formée en quasi majorité de ce type de volcan.



Fig(3a)Schéma du volcanisme au niveau d'une convergence océan-continent.



Fig(3b)Schéma du volcanisme au niveau d'une convergence océan-océan.

2-4-3) Volcanisme intra-plaque et de point chaud

Il arrive parfois que des volcans naissent loin de toute limite de **plaque lithosphérique** (plus de 100 000 montagnes sous-marines de plus de 1 000 mètres). Ils sont en général interprétés comme des volcans de **point**

chaud. Les points chauds sont des panaches de magma venant des profondeurs du manteau et perçant les plaques lithosphériques. Les points chaud étant fixes, alors que la plaque lithosphérique se déplace sur le manteau, des volcans se créent successivement et s'alignent alors, le plus récent étant le plus actif car à l'aplomb du point chaud.

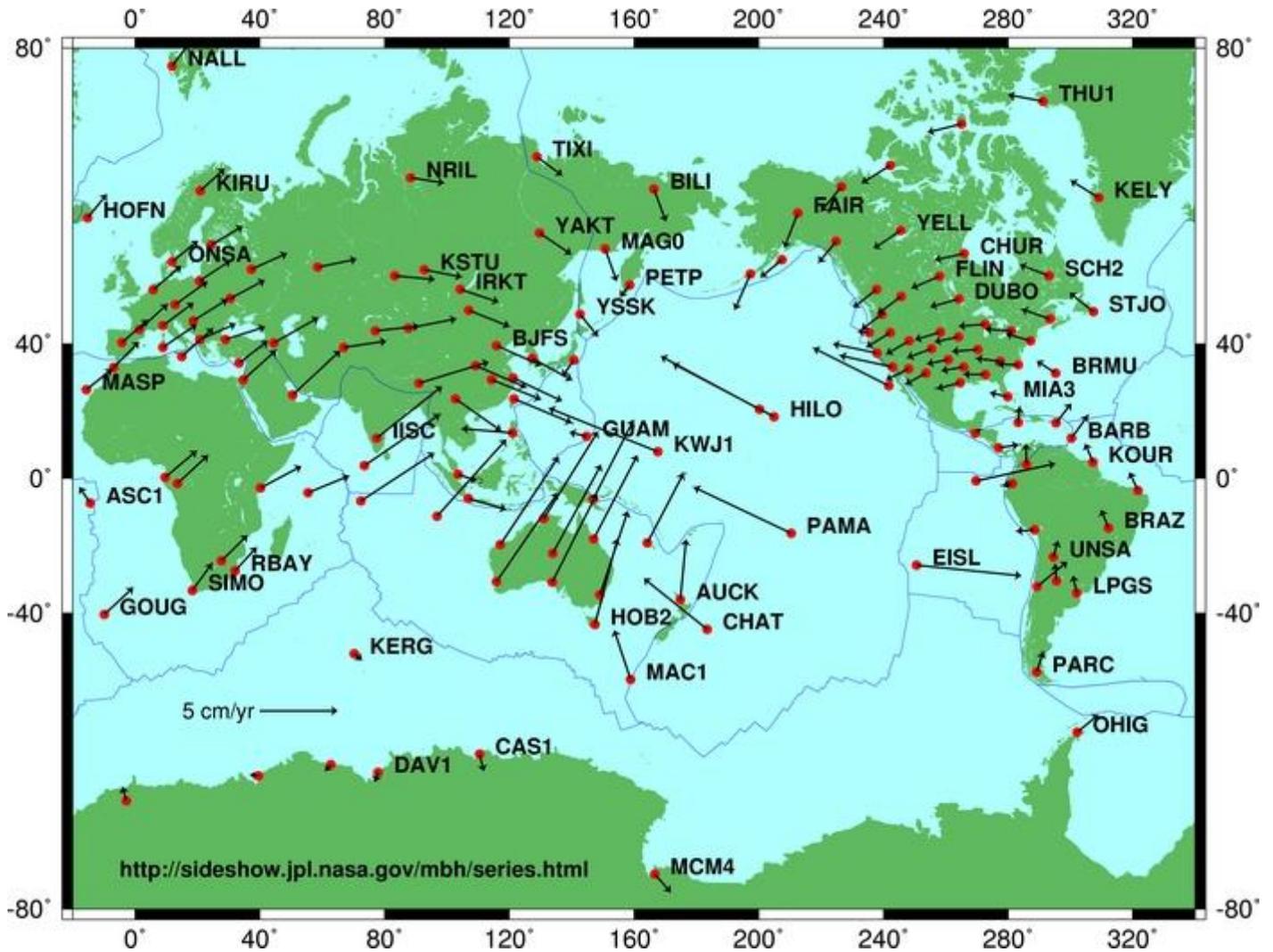
- Lorsque le point chaud débouche sous un océan, il va donner naissance à un chapelet d'îles alignées comme c'est le cas pour l'archipel d'Hawaï ou des Mascareignes.
- Si le point chaud débouche sous un continent, il va alors donner naissance à une série de volcans alignés. C'est le cas du mont Cameroun et de ses voisins.
- Cas exceptionnel, il arrive qu'un point chaud débouche sous une limite de plaque lithosphérique. Dans le cas de l'Islande, l'effet d'un point chaud se combine à celui de la dorsale médio-atlantique, donnant ainsi naissance à un immense empilement de lave permettant l'émersion de la dorsale. Les Açores ou les Galápagos sont d'autres exemples de points chauds débouchant sous une limite de plaque lithosphérique, en l'occurrence des dorsales.

Le massif Tamu est un volcan bouclier sous-marin considéré comme le plus vaste volcan de la Terre et l'un des plus grands du système solaire

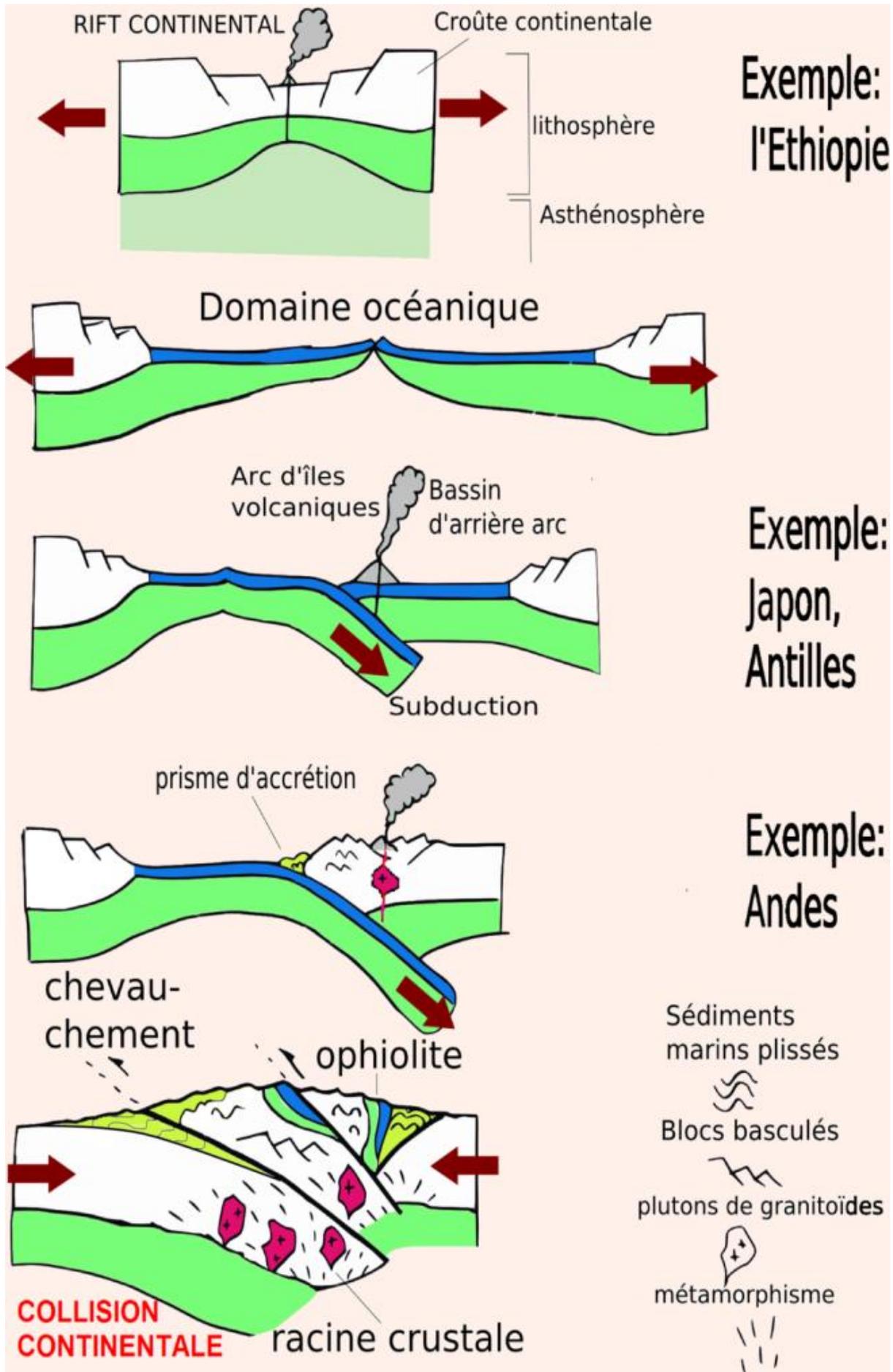
2-5) Volcans extra-terrestres :

La Terre n'est pas la seule planète du Système solaire à connaître une activité volcanique. Vénus connaît un intense volcanisme avec 500 000 édifices volcaniques, Mars comporte l'Olympus Mons, un volcan considéré comme éteint et haut de 22,5 km faisant de lui le plus haut sommet du Système solaire, la Lune est couverte par les « maria lunaires », d'immenses champs de basalte.

Des volcans existent aussi sur des satellites de Jupiter et de Neptune, notamment Io et Triton. La sonde Voyager 1 a permis de photographier en mars 1979 une éruption sur Io, La composition chimique variant considérablement entre les planètes et les satellites, le type d'ejecta est très différent de ceux émis sur Terre tel du soufre, de la glace d'azote, etc.



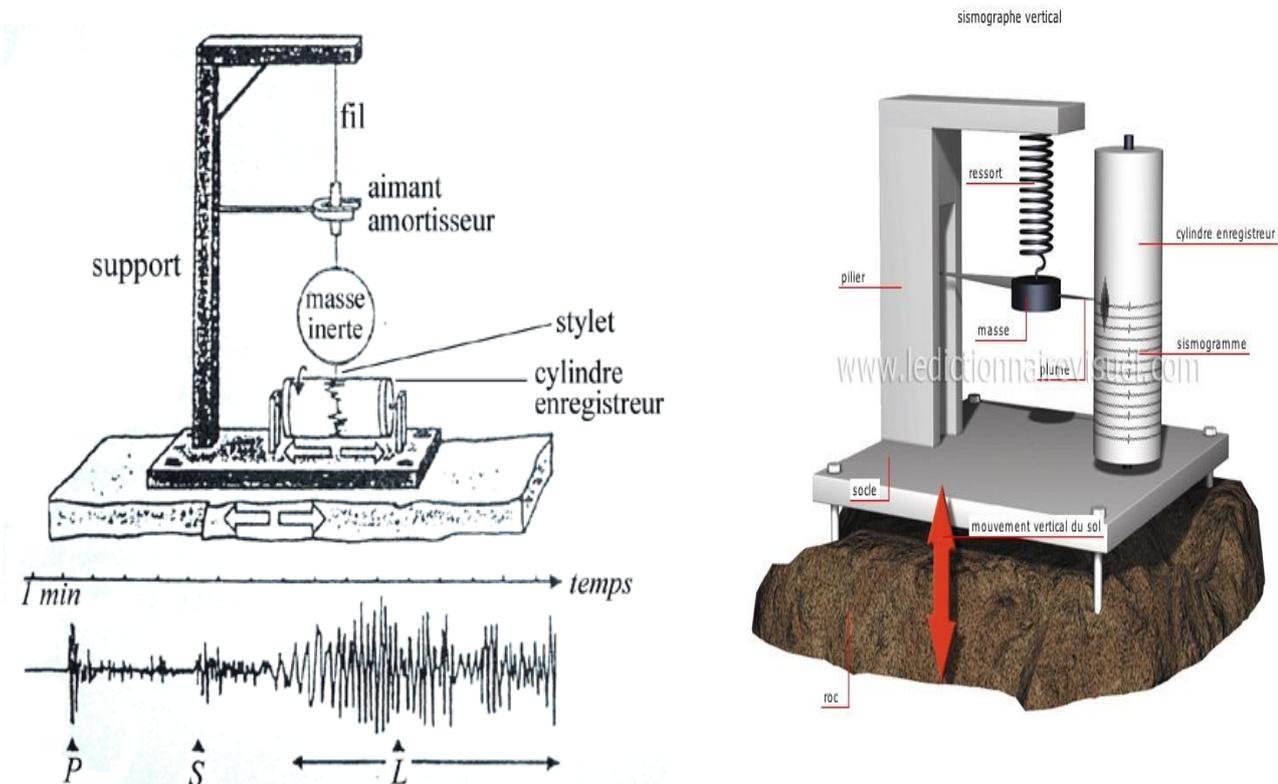
Vitesse et direction de différents points des plaques lithosphériques



La structure interne de la Terre

Il est possible d'étudier de façon directe seulement les quelques premiers km de profondeur de la Terre. Pour déterminer la structure interne de la Terre, les géologues ont donc eu recours à des méthodes indirectes, tel que la sismologie (étude des séismes).

Un **sismographe** est un [instrument de mesure](#) équipé d'un capteur des mouvements du sol, le **sismomètre**, capable de les enregistrer sur un support visuel, le [sismogramme](#).



Un **sismogramme** (ou **séismogramme**) est l'enregistrement des [ondes sismiques](#) qui se propagent lors d'un [séisme](#), généralement réalisé au moyen d'un [sismographe](#).

L'[abscisse](#) du graphique représente habituellement le temps alors que l'[ordonnée](#) représente la valeur instantanée de l'[accélération](#) du point de mesure de l'[onde sismique](#) selon un ou des axes donnés (x, y, ou z).

La forme générale de la courbe est classiquement celle d'un [oscillateur harmonique](#) amorti, puisque le **sismogramme** matérialise en quelque sorte le « mouvement » ou l'accélération d'une particule du terrain soumise à la traversée de l'[onde sismique sinusoïdale](#)

