

## CORRECTIONS

### QUESTIONS DE COURS

1/ Au niveau mondial, les séismes et les volcans se répartissent le long d'alignements correspondant aux limites des plaques tectoniques. Il existe toutefois quelques volcans isolés.

2/ Une dorsale est une chaîne de montagnes au niveau de laquelle une remontée de l'asthénosphère permet la formation de lithosphère océanique.

3/ Une plaque tectonique est une grande zone mobile de la surface de la Terre, rigide et peu déformable, épaisse d'une dizaine à une centaine de km, et flottant sur l'asthénosphère.

4/ La lithosphère, externe, est rigide alors que l'asthénosphère, plus profonde, est déformable (à une vitesse très lente, de l'ordre du cm/an).

5/ Une frontière convergente est la limite entre deux plaques se dirigeant l'une vers l'autre. Le relief qui en est caractéristique est une fosse océanique.

6/ Les plaques sont les plus épaisses aux endroits correspondant à des continents.

7/ Les plaques ne flottent pas sur du magma, mais sur l'asthénosphère, qui a pour l'essentiel le comportement d'un solide extrêmement visqueux.

8/ Au niveau d'une zone de subduction une plaque passe sous une autre.

9/ Lors de la collision de deux continents, le relief formé est une chaîne de montagnes.

10/ L'ordre de grandeur de la vitesse de déplacement des plaques tectoniques est le centimètre par an.

### COLLES

1/ On peut trouver au sommet des plus hautes chaînes de montagnes des roches d'origine océanique, car les montagnes se forment lors de la collision de continents autrefois séparés par un océan. Des roches provenant de l'ancien fond océanique peuvent se trouver prises «en sandwich» entre les deux continents, et vont se retrouver intégrées dans la chaîne de montagnes dont elles feront partie.

2/ Tableau comparant la lithosphère et l'asthénosphère au niveau de leur emplacement, leur consistance et leurs propriétés.

Couche	Lithosphère	Asthénosphère
Emplacement	Externe	interne
Consistance	Solide, peu déformable	Très légèrement fluide, déformable
Propriétés	Forme de grandes plaques rigides mobiles	non cassante, parcourue de courants très très lents

3/ On ne trouve pas de roches d'origine océanique âgées de plus de quelques centaines de millions d'années à cause de la subduction: les anciennes plaques «océaniques» ont depuis longtemps coulé dans l'asthénosphère, et sont inaccessibles ou détruites. On peut même en déduire qu'une plaque «océanique» possède une «durée de vie» qui se limite à quelques centaines de millions d'années. Ensuite, trop lourde, elle commence à disparaître en glissant lentement dans les profondeurs du globe...

4/ Les séismes sont fréquents dans les zones de subduction car la plaque plongeante «frotte», en s'enfonçant, contre celle qui la surplombe. Ces «frottements» provoquent des cassures des roches, et donc sont à l'origine d'ondes sismiques, donc de séismes.

On peut donner comme exemple la zone de subduction d'une partie des plaques du Pacifique sous la Californie, qui provoque de nombreux séismes dans cette région (les îles du Japon sont aussi un bon exemple).

5/ L'expression ancienne «dérive des continents» est :

- «vraie» car les continents voient bien, dans le temps, leur position changer lentement, ils «dérivent» bien, dans le sens où ils ne sont pas fixes.
- «fausse» car en réalité ce ne sont pas les continents tout seuls qui dérivent, mais les plaques dont ils font partie qui, elles, sont mobiles.

6/ Les plaques de lithosphère «océanique» finissent par «couler» dans l'asthénosphère car au fur et à mesure qu'elles vieillissent, elles deviennent

de plus en plus denses à cause de leur refroidissement et de l'accumulation de sédiments à leur surface.

Cela n'est pas possible pour la lithosphère «continentale» car celle-ci n'a pas de densité variable: elle est moins dense que l'asthénosphère et le reste, elle ne peut donc pas «couler» dedans.

**Remarque:** *Il peut arriver toutefois qu'un continent soit alourdit, par exemple par une couche de glace de plusieurs km qui le recouvre, ce qui «l'enfonce dans l'asthénosphère». Si la glace fond, la continent va lentement «remonter». Parfois, des morceaux de continents peuvent être aussi entraînés dans l'asthénosphère au cours de subductions, mais ils ont toujours tendance à «remonter» vers la surface, et peuvent même y revenir.*

7/ On retrouve les mêmes roches et les mêmes fossiles âgés de 230 millions d'années au Brésil et sur la côte ouest du continent africain, car à cette époque ces deux continents étaient réunis en un seul.

## EXERCICES

### 1 - Land of the free (3 pts)

11 - «*The crust of the Earth must be a shell floating on a fluid interior.*» se traduit par «la croûte terrestre doit être une coquille flottant sur un intérieur fluide»

12 - Pour l'essentiel, B. Franklin ne se trompait pas. En effet, la lithosphère, par rapport aux dimensions de la Terre, est bien une fine «coquille» qui flotte sur un intérieur (l'asthénosphère) plus fluide, plus déformable. Ce que B. Franklin n'avait pas prévu, c'est que cette coquille était brisée en plusieurs morceaux, les plaques tectoniques...

### 2 - Le précurseur (8 pts)

21 - Les indices relevés par Wegener indiquant que par le passé l'Amérique du Sud et l'Afrique étaient liées sont:

- des fossiles identiques (il parle des paléontologues, et vous avez sans doute regardé dans un dictionnaire, si vous ne le saviez pas, de quoi s'occupe un paléontologue, non ?)
- la correspondance des contours des deux continents (en particulier, mais pas uniquement, la correspondance entre le cap San Roque au Brésil et la côte du Cameroun en Afrique)

22 - Pour illustrer cette séparation, Wegener donne l'image suivante: «*deux parties qui se sont écartées dans le cours des temps comme dérivent les tronçons d'un glaçon se brisant dans l'eau.*»

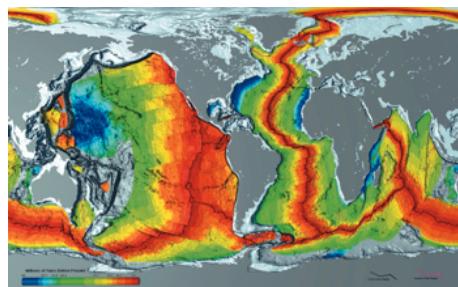
Cette image est exacte, car les bords des deux continents se correspondent bien, comme le feraient les bords d'un glaçon brisé; mais par contre, elle est inexacte (ou insuffisante) parce que ce ne sont pas les continents seuls qui se séparent en flottant sur un fluide, mais les plaques qui les portent qui se séparent, l'espace étant comblé par la formation de lithosphère «océanique». Pour reprendre l'image de Wegener, c'est comme si un glaçon était prisonnier d'une mince couche de glace: le glaçon et la couche se casseraient et s'éloigneraient alors que de la glace mince se formerait toujours entre les deux morceaux du glaçon, au fur et à mesure qu'ils se sépareraient...

23 - Wegener présente comme confirmation «expérimentale» des mesures qu'il a effectuées sur un globe terrestre (donc une carte qui permet des mesures bien plus exactes que celles que l'on obtient sur une feuille), et qui montrent que non seulement les formes des côtes est de l'Amérique du Sud et Ouest de l'Afrique se correspondent, mais que les dimensions des parties qui semblent s'emboiter sont identiques.

### 3 - Sous l'Océan... (10 pts)

31 - Le Brésil et le Libéria sont actuellement distants de 2840 km. Si on regarde la carte, on voit que les fonds océaniques les plus vieux entre ces pays, ceux qui sont au contact des continents, sont de couleur verte, ce qui correspond à un âge de 120 millions d'années environ d'après la légende. Il a donc fallu 120 millions d'années pour «fabriquer» 2840 km de lithosphère.

La vitesse, c'est la distance/ le temps. Ici, si on divise 2840 par 120 millions d'années, on obtient une vitesse de fabrication de 0,00002 km/an, soit 2 cm/an environ.



**32** - On voit que les dorsales ne fabriquent pas toutes de la lithosphère à la même vitesse à la largeur différente des «bandes» de fond océanique du même âge (donc de même couleur sur la carte). Cette différence de largeur s'explique par une différence de vitesse de formation des roches: plus la formation est rapide et plus l'étendue d'une même couleur de par et d'autre de la dorsale est grande.

**33** - Si on prend l'exemple des terrains «rouge-orange» formés en 30 millions d'années environ, on voit que la dorsale atlantique a fabriqué une étendue bien moins grande de lithosphère que la dorsale du Pacifique. Cette dernière fabrique donc de la lithosphère plus rapidement. C'est même la plus active, alors que la moins active (bande la plus étroite) est la dorsale située au sud-est de la pointe sud du continent africain.

**34** - La plus vieille lithosphère océanique du monde (en bleu foncé sur la carte) se situe à l'ouest du Pacifique, au niveau de la côte est du Japon.

#### 4 - Terre de glace

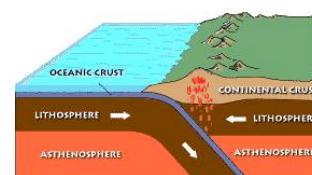
**41** - L'Islande est une île presque coupée en deux par une dorsale. A ce niveau, il se produit un écartement des plaques de part et d'autre de la dorsale. Cela signifie que la roche, en Islande, est soumise à des forces qui «tirent» dessus, ce qui a pour conséquence de la fracturer, de la casser: des failles se forment. On peut faire l'hypothèse que cet étirement de la lithosphère, provoquant la formation de failles, amincit la lithosphère, ce qui

permet à l'asthénosphère d'être plus proche de la surface, et provoque la formation locale de magma, donc d'une activité volcanique.



**42** - Les promeneurs du parc national de Thingvellir sont en train de marcher sur le fond d'un futur océan, car ce parc se situe dans l'axe de la dorsale. On peut d'ailleurs voir sur la photographie les bords «extrêmes» des deux plaques, formant un étroit défilé. Ces parois s'écartent en moyenne de quelques cm par an, au fil des séismes. La route est tracée entre ces falaises, donc au niveau où se formera (et a commencé à se former) de la lithosphère océanique, plancher d'un futur océan.

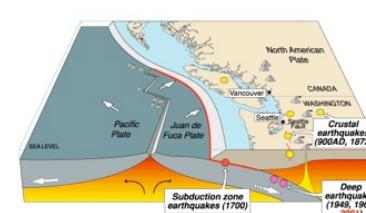
#### 5 - Errare humanum est



**51** - Le schéma représente une zone de subduction.

**52** - Le dessinateur a mal choisi la couleur avec laquelle il représente l'asthénosphère. En effet, il l'a colorée en orange foncé, couleur qui peut faire penser à du magma, ce qui est contraire à la réalité: l'asthénosphère est, à notre échelle de temps, une roche «solide», même si elle est chaude, et ne ressemble donc pas à du magma !

#### 6 - Les commentaires sont libres (10 pts)



**61** - Titre de ce schéma. Il y a bien sûr plusieurs possibilités. Citons comme exemples: «zone de subduction de l'est du pacifique», «mouvement de la plaque Juan de Fuca» (son nom est lisible), «origine des séismes se déroulant au Sud Ouest du Canada et dans état de Washington» (en reprenant les indications de la question...).

## 62 - Commentaire

La plaque Juan de Fuca prend naissance au niveau d'une dorsale située sous le Pacifique, à proximité des côtes du continent nord-américain. Cette plaque plonge rapidement sous le continent (le nord de la dorsale est même déjà sous le continent). En plongeant, la plaque provoque des séismes dont les foyers se situent au large, sous l'océan; mais aussi, plus profondément, à la verticale de villes comme Seattle ou Vancouver. La perte de l'eau contenue dans cette plaque favorise la formation de magma visqueux, créant une chaîne de volcans explosifs sur le continent (cônes gris du schéma).

63 - Le dessinateur a fait un choix malheureux et incohérent de couleurs pour représenter l'asthénosphère et le magma. En effet, sous la dorsale, la couleur rouge semble représenter le magma qui se forme (mais alors il est présent en trop grande quantité). Par contre, sous les volcans, le magma qui se forme est coloré en... jaune! De plus, le schéma laisse penser qu'il existe une couche de magma (rouge, comme à la dorsale) sous le continent, ce qui est faux.

64 - Les foyers de nombreux séismes sont situés au niveau de la zone de contact des plaques (points rouges) mais il existe aussi des foyers, notés en jaune, situés bien plus près de la surface. Pourquoi ? Il faut se rappeler qu'un séisme est déclenché par la cassure d'une roche soumise à des forces. Ici, la subduction de la plaque tend à «bomber» le continent, dont la surface va se déformer «en arc de cercle». Comme les roches de la lithosphère ne sont pas très déformables, elles vont donc casser près de la surface, ce qui va provoquer ces séismes. (*La question était difficile, il fallait bien réfléchir à la cause des séismes et chercher un mécanisme pour l'expliquer, ce qui est une démarche scientifique!*)

## 7 - F.A.M.O.U.S (6 pts)

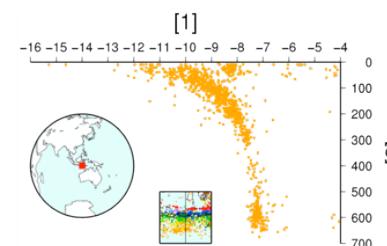
71 - Le sigle FAMOUS signifie French American Mid Ocean Underwater Survey, ce qui en français nous donne «étude franco-américaine sous-marine du milieu de l'océan». Le sigle FAMOUS constitue un mot qui lui aussi veut

dire «fameux, exceptionnel», ce qui soulignait la caractère nouveau et jamais tenté, à l'époque, de ce type d'étude.

72 - Les pilotes des sous-marins sont allés se former en Islande pour s'habituer à ce qu'ils risquaient de découvrir en plongée, car ce pays est le seul exemple de dorsale que l'on peut visiter à pied sec, et ils vont plonger au milieu de l'Atlantique, donc au niveau de la même dorsale, mais sous l'eau. Il y a donc de bonnes chances qu'ils y retrouvent le même type de relief (falaises, roches, fissures, failles...).

73 - Depuis la cinquième, vous savez que les sédiments se déposent lentement dans le fond des cours d'eau, donc des vallées, et au niveau des océans et des mers. Ce dépôt se fait de façon à peu près continue, mais il est très lent. Or, dans l'axe de la dorsale, le fond de l'océan est très «jeune», géologiquement parlant (quelques millions d'années), ce qui signifie que les sédiments n'ont pas eu le temps d'y parvenir et surtout de s'y accumuler. Cette absence, en fait, contribue à prouver la jeunesse de la roche formée à cet endroit.

## 8 - On s'enfonce (5 pts)



81 - Les foyers des séismes se répartissent selon un arc de cercle de plus en plus profond. Ils sont tout d'abord superficiels, puis plongent rapidement à plus de 600 km de profondeur, selon une ligne qui devient presque verticale.

82 - Cette répartition s'explique par la subduction d'une plaque qui plonge très rapidement dans l'asthénosphère, en frottant sur la plaque qui la surplombe et en se cassant, ce qui provoque des séismes même à très grande profondeur.

On peut en conclure que la région où ces relevés ont été effectués est située sur une frontière convergente de plaques, et qu'il s'y produit de

nombreux et puissants séismes, ainsi que des éruptions volcaniques de type explosif (ce type de volcanisme étant associé aux zones de subduction).

### 9 - Ca déchire (8 pts)



91 - Sur la carte, les volcans sont alignés selon une direction nord-sud, le long d'une ligne pointillée. On peut tirer de cette chaîne de volcans la conclusion que l'on doit se trouver au niveau de la frontière d'une plaque.

92 - Plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'ensemble des phénomènes se déroulant dans cette région, mais une seule les explique tous.

Tout d'abord, l'alignement des volcans et les séismes peuvent faire penser à une zone de subduction. Toutefois, deux phénomènes ne s'expliqueraient pas dans ce cas: le fait que

l'on soit à l'intérieur d'un continent (et non en bordure), et le grand nombre de grands lacs comme le Tanganyika ou le Malawi.

Les lacs peuvent nous mettre sur la voie: ils occupent des «creux» du terrain, remplis par les pluies. La seule situation où l'on a à la fois séismes, volcanisme et formation de creux dans l'intérieur d'un continent est lorsque ce dernier est étiré, au début de la formation d'un océan. On peut donc faire l'hypothèse que l'on se trouve ici au niveau d'un océan en train de «s'ouvrir».

93 - Dans quelques millions d'années, cette région ressemblera à la mer Rouge (située plus au nord): deux continents, l'Afrique et l'actuelle partie est de ce continent, devenue «indépendante» de la plaque africaine, seront séparées par une mer étroite (situation du premier schéma de la p. 13).

### 10 - Les génies des alpages. (13 pts)

Les Alpes sont la chaîne de montagnes la plus haute d'Europe. Elles forment un arc étalé sur plusieurs pays. C'est une des premières chaînes de montagnes qui ait été étudiée. On trouve dans les Alpes plusieurs roches différentes:

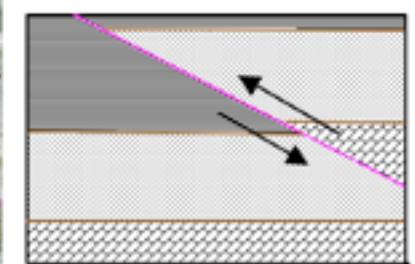
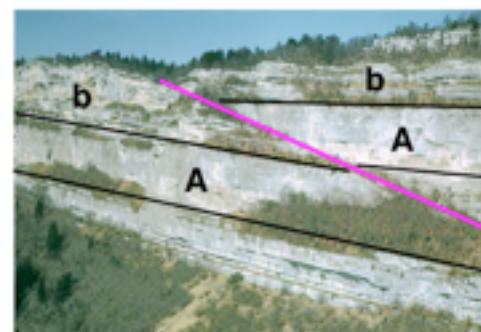
- des calcaires et d'autres roches d'origine marine qui sont le résultat du dépôt de sédiments sur des fonds océaniques durant des dizaines de millions d'années.

- des basaltes, formant des coussins ou des tubes.

On observe également dans les Alpes des failles et des déformations des roches qui montrent que ces dernières ont subi l'application de forces très importantes.

10.1 - Sur la vue satellite, et même dans un atlas, vous devez avoir identifié sans difficultés le nord de l'Italie. A partir de ce point de repère, vous avez dû trouver que les Alpes s'étendent sur le nord de l'Italie (justement), le sud-est de la France, la Suisse, le sud de l'Allemagne, l'Autriche et la Slovénie. Le sommet le plus élevé est le mont-blanc (4810 m).

10.2 - Sur la photo, la faille barre transversalement la falaise, décalant les couches A et b (votre schéma devrait ressembler à celui de droite, la faille est en rose).



Pour reconstituer la forme de la structure avant la déformation, il faut faire glisser par la pensée la faille en sens inverse de son mouvement. On obtiendrait alors une superposition des trois couches de roches horizontales, comme cela:



Le sens de la déformation montre bien que la structure, la roche ont été comprimées, puisque la partie de droite est montée «sur» celle de gauche: la faille a permis le raccourcissement de la structure.

**10.3** - Les documents présentent des laves en coussins âgées de 170 millions d'années ainsi que des roches calcaires de 150 millions d'années, le tout se trouvant dans la chaîne des Alpes. A l'emplacement actuel des Alpes, il y a 170 millions d'années, on trouvait une activité volcanique sous-marine dont la trace est la lave en coussin. Il s'agissait probablement de la formation de lithosphère océanique au niveau d'une dorsale. 20 millions d'années plus tard, on trouve les traces d'une sédimentation ayant eu lieu dans un «océan profond». On peut donc penser qu'à cette époque, l'emplacement actuel des Alpes était occupé par un profond océan aujourd'hui disparu.

**10.4** - «Histoire et origine des Alpes» depuis 170 millions d'années.

En utilisant les informations fournies, on peut reconstituer le scénario suivant:

- Il y a plus de 170 millions d'années, un océan (ou une mer) sépare le nord de l'Italie actuelle du reste de l'Europe. Sur le fond de cet océan, on trouve une activité volcanique qui produit des laves en coussins.
- Progressivement, alors que des sédiments se déposent sur les fonds océaniques profonds, une subduction se met en place, et cette mer commence à se refermer.
- Il y a moins de 150 millions d'années, le mouvement des plaques finit de faire «couler» dans l'asthénosphère la lithosphère océanique de cet ancien océan. Il en reste toutefois quelques morceaux qui vont être pris en sandwich entre l'Europe et l'Italie du nord.
- Les continents entrent en collision, il se forme petit à petit une chaîne de montagnes en forme d'arc de cercle, et des matériaux océaniques, selon les déformations du sol et les mouvements liés aux failles, se retrouvent incorporés dans ces montagnes, où on les trouve encore aujourd'hui!

## L'enfer des copies

*Bêtises lues dans les exercices & devoirs...*

1) Entre les plaques, il y a des fissures pleines de Magma  
NON ! Les plaques sont jointives, c'est pour cela qu'elles frottent les une sur les autres...

2) La lithosphère glisse sur l'asthénosphère qui est lisse  
Ben voyons ! l'asthénosphère n'a rien de lisse, ce n'est **PAS** une étendue liquide!

3) La lithosphère flotte sur du magma en fusion

Répétons bien fort: **L'ASTHENOSPHERE SE COMPORTE COMME UN SOLIDE. ON NE TROUVE DE MAGMA QUE SOUS LES VOLCANS.**

4) Dans l'asthénosphère, il y a des courants qui poussent la lithosphère

Nan ! Les courants existent, mais sont bien trop faibles pour faire cela, ils accompagnent le mouvement, mais ne font pas le gros du travail.

5) La lave qui monte dans la dorsale pousse les plaques.

Et non ! les plaques sont «**tirées**» par la subduction, pas «**poussées**» par les dorsales !

6) La plaque qui plonge descend à des millions de km.

Hum... le centre de la Terre n'est «qu'à» 6350 km sous nos pieds...

7) La plaque qui plonge fond et ça forme le magma des volcans explosifs.

Pas du tout. La plaque perd de l'eau, qui en remontant va permettre la formation de magma...