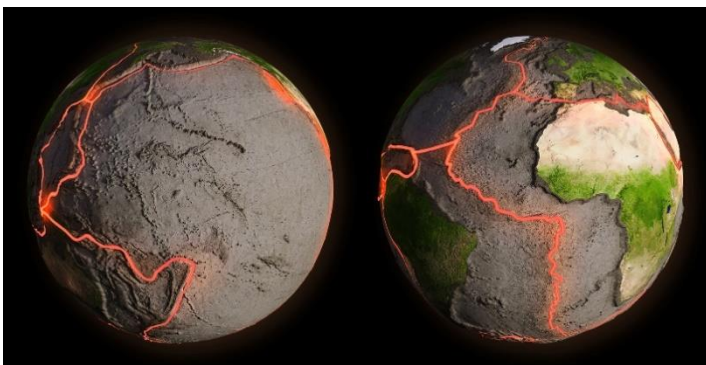
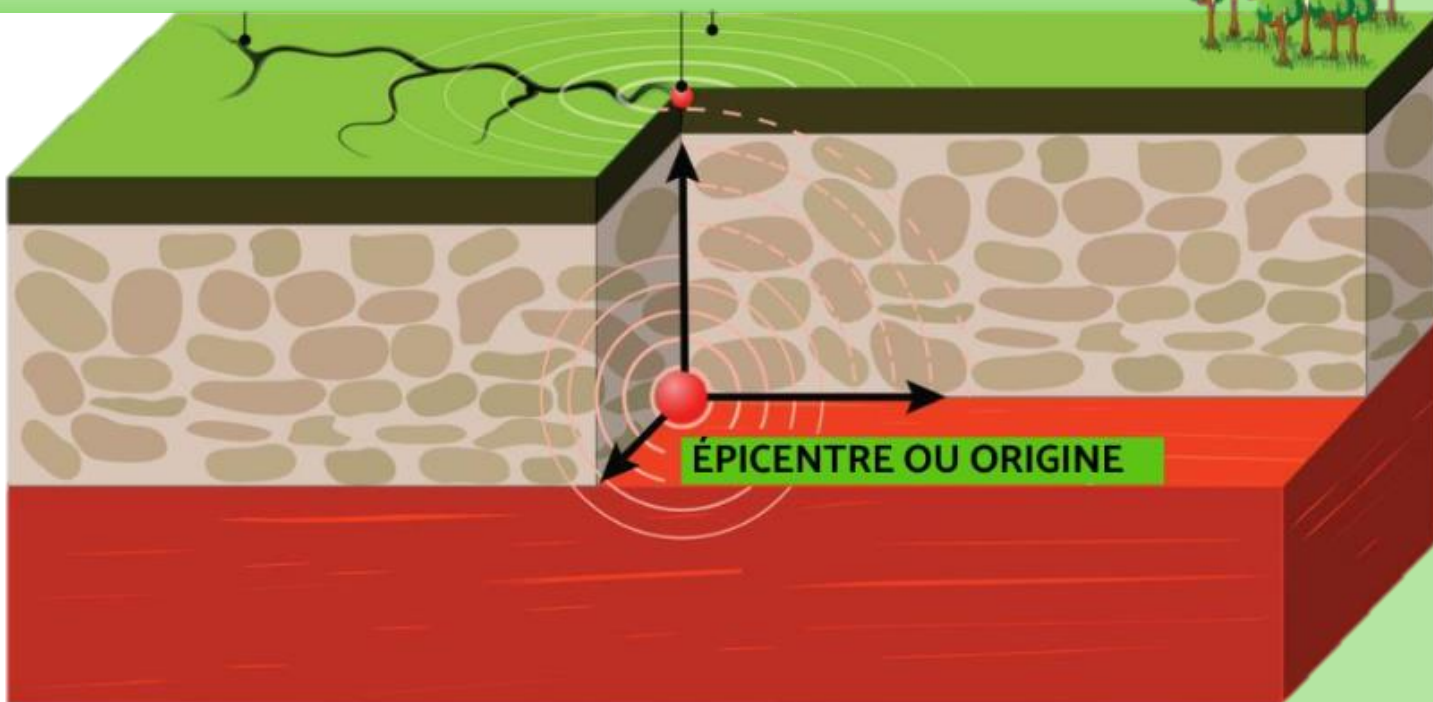


Chapitre 2

La sismicité et sa relation avec la tectonique des plaques



Pr. Mohamed DADES

2 APIC

CHAPITRE 2 :

LA SISMICITE ET LA TECTONIQUE DES PLAQUES

Questions problèmes :

Q1 : **Quelles** sont les caractéristiques d'un séisme ?

Q2 : **Comment** les séismes nous aident à déterminer la structure interne de la Terre ?

Q3 : **Quelle** est la relation entre la sismicité et la tectonique des plaques ?

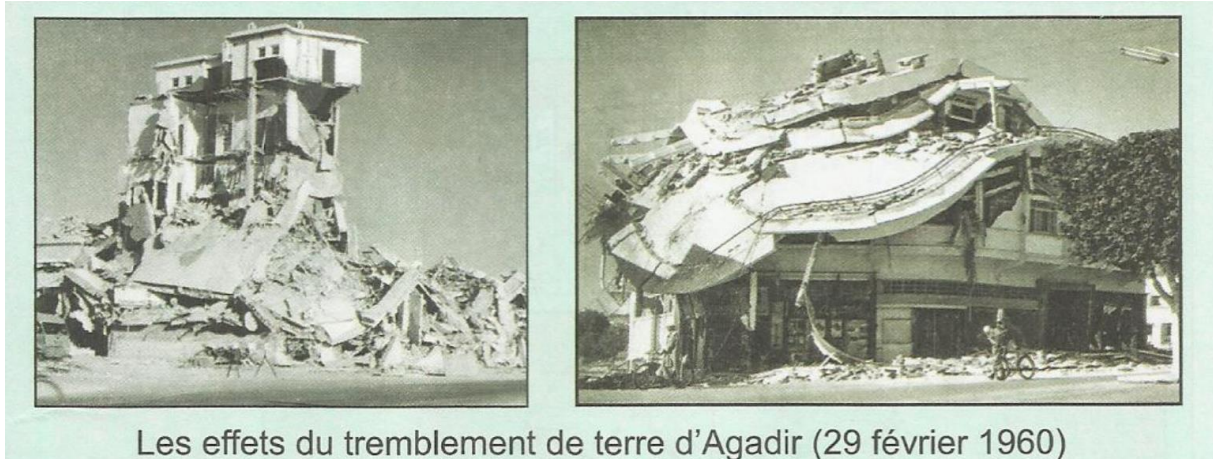
Date :

Séquence 1 :

Le séisme et ses caractéristiques

Activité 1 : la notion d'un séisme

Le document suivant montre quelques effets du séisme d'Agadir ;



Les effets du tremblement de terre d'Agadir (29 février 1960)

Questions :

- 1- **Relever** les dégâts possibles de ce séisme puis déterminer leur nature.
- 2- **Préciser** la cause principale de ces dégâts.
- 3- **Déduire** la notion de séisme.

Réponses :

- 1- Les dégâts possibles de ce séisme sont :
 - **Les dégâts humains** : les morts, les blessés, les sans-abris, ...
 - **Les dégâts matériels** : écoulement des maisons, effondrement des bâtiments, ...
- 2- La cause principale de ces dégâts est les secousses et les vibrations du sol.
- 3- **Définition** :

Un séisme est un phénomène naturel sous forme de **secousses** et de **vibrations du sol**, qui peut causer des dégâts matériels et humains.

Activité 2 : Evaluation d'un séisme

Pour évaluer un séisme, on peut utiliser deux méthodes :

- **Méthode 1** : évaluation de l'intensité d'un séisme.

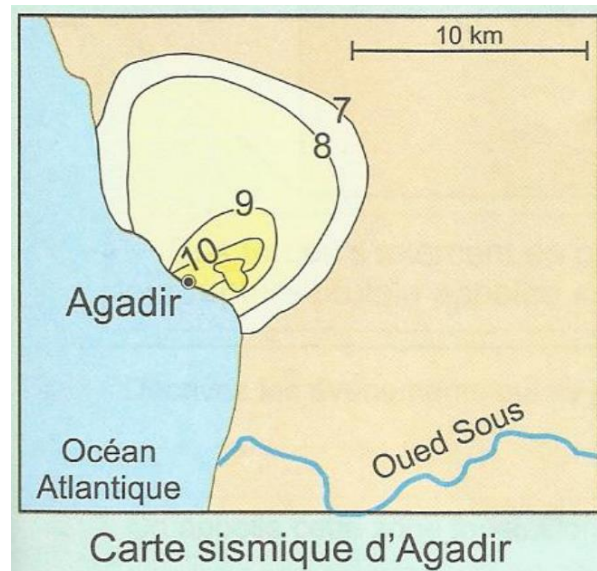
Aucun appareil n'est utilisé, on se base sur les observations et des témoignages, c'est dire les dégâts causés par le séisme.

Le scientifique Marcalli a conçu une échelle de XII degrés appelée « l'échelle de Marcalli ». Cette échelle a été modifiée par trois chercheurs (**M**edvedev, **S**ponheur et **K**arnik), elle devient « échelle de **M.S.K** ». Les européens ont modifié encore cette échelle en 1998 pour qu'elle soit « EMS 98 ».

Quel est l'intérêt de cette méthode ?

L'échelle des intensités nous permet de produire des cartes sismiques ou cartes isoséistes

La courbe isoséiste : est une ligne qui relie les points de même intensité sismique.

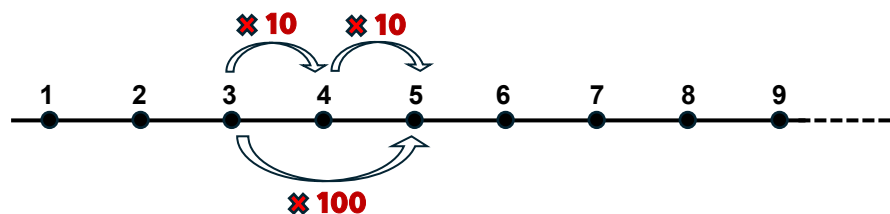


• **Méthode 2 : évaluation des magnitudes.**

La magnitude est la force d'un séisme, elle correspond à la quantité d'énergie libérée au foyer.

Charles Francis Richter est un géophysicien Américain, il a conçu une échelle ouverte pour évaluer la magnitude d'un séisme.

L'échelle de Richter est une échelle logarithmique. Cela signifie qu'un séisme atteignant 6 sur l'échelle de Richter est en fait 10 fois plus puissant qu'un séisme de magnitude 5. Il n'y a pas de chiffre maximum mais les scientifiques considèrent qu'aucun séisme supérieur à 10 ne pourra jamais être enregistré.



L'échelle de Richter est plus précise que celle de M. S. K, car elle nous donne des valeurs précises sur la force du séisme indépendamment des dégâts.

Les deux échelles sont reliées par la relation suivante :

$$M = 1 + \frac{2I}{3}$$

Application :

- 1) Calculer la magnitude d'un séisme d'intensité $I=5$
- 2) Calculer l'intensité d'un séisme dont la magnitude $M=8$

Réponses :

1- On a : $I = 5$ et $M = 1 + \frac{2I}{3}$

Alors :

$$M = 1 + \frac{2 \times 5}{3}$$

$$M = \frac{3 + 10}{3}$$

$$M = 4,33$$

2-

On a : $M = 8$ et $M = 1 + \frac{2I}{3}$

c-à-d : $3M = 3 + 2I$

Alors $I = \frac{3M-3}{2}$

Donc : $I = \frac{3 \times 8 - 3}{2}$

$$I = 10,5$$

Les échelles des séismes		
Magnitude (échelle de Mercalli)	Effets observés	Intensité (échelle de Richter)
1 (non ressenti)	Le séisme n'est détecté que par le sismographe	-
2 (Très faible)	Le séisme est à peine ressenti	3.5
3 (Faible)	Quelques vibrations à peine perceptibles	4.2
4 (Modéré)	Séisme ressenti par les piétons	4.3
5 (Moyen)	Réveil des dormeurs	4.8
6 (Forte)	Arbres secoués, plâtre des murs peut se fendre	de 4.8 à 5.4
7 (Très forte)	Panique générale, fissures des murs	de 5.5 à 6.1
8 (Destructif)	Dégâts massifs, les habitats vulnérables sont détruits	de 6.2 à 6.8
9 (Démolisseur)	Destruction des habitats même s'ils sont solides, fissuration du sol	6.9
10 (Catastrophique)	Fissuration du sol, effondrement des bâtiments	de 7 à 7.3
11 (Désastrique)	La plupart des constructions s'effondrent	de 7.4 à 8.1
12 (Apocalyptique)	Destruction presque totale, le sol bouge en ondulant	de 8.1 à 9 («9» degré extrême)

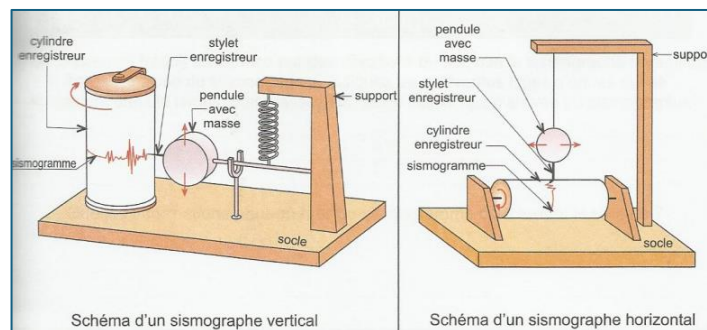
Différence entre « intensité » et « magnitude » des séismes :

- **Intensité du séisme** : elle se détermine à partir de l'observation des conséquences d'un séisme sur une échelle de **Mercalli**.
- **Magnitude du séisme** : est une échelle quantitative définie par **Richter**, elle mesure l'énergie libérée par un séisme.

Activité 3 : Enregistrement d'un séisme

Pour enregistrer un séisme, on utilise un appareil appelé « **sismographe** » ou « **sismomètre** » dont on distingue deux types :

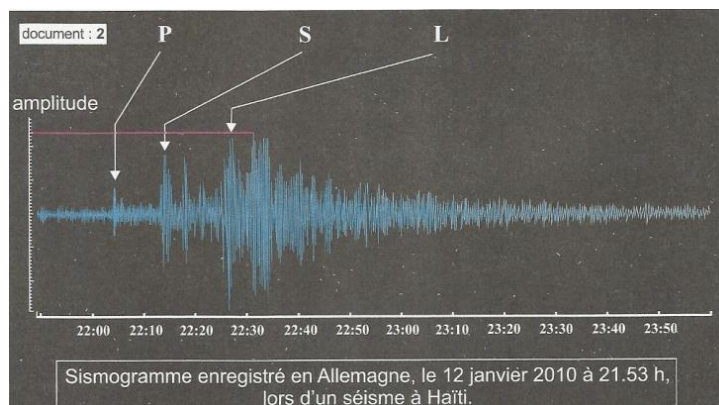
- **Les sismographes horizontaux** : ils permettent d'enregistrer les vibrations du sol orientées **N-S** et/ou **E-O**.
- **Les sismographes verticaux** : afin d'enregistrer les mouvements verticaux du sol.



A la fin, on récupère une feuille contenant un tracé zigzagué appelé « **sismogramme** ».

Application :

Le document ci-après montre un exemple d'un sismogramme récupéré après un séisme ;



Questions :

- **Indiquer** les différents types d'ondes sismiques enregistrées lors d'un séisme.

- **Quelles** sont les informations qu'on peut tirer de ce sismogramme ?

Lieu de séisme :

Lieu d'enregistrement de séisme :

Date de séisme :

L'heure de déclenchement de séisme :

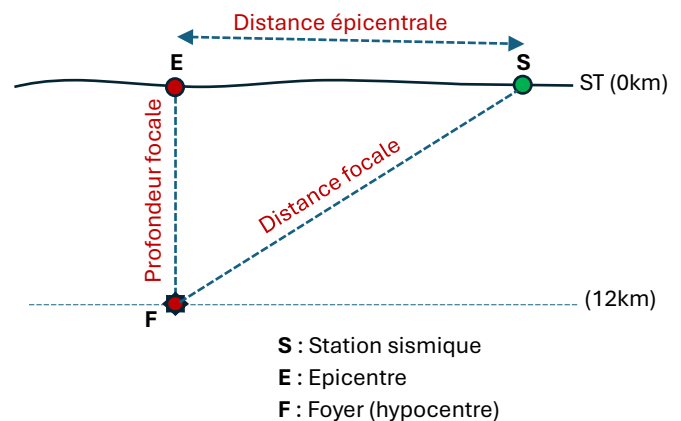
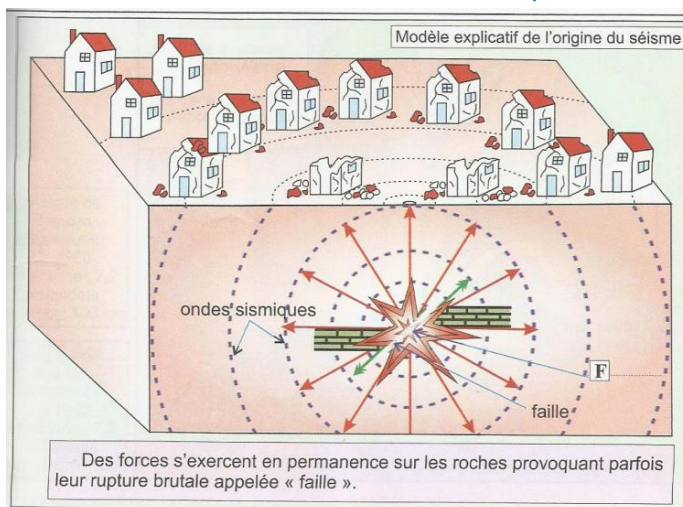
L'heure d'arriver des ondes P à la station d'enregistrement :

L'heure d'arriver des ondes S à la station d'enregistrement :

Temps de décalage entre les ondes P et les ondes S :

Activité 4 : Éléments et caractéristiques d'un séisme

Le document suivant illustre un modèle explicatif de l'origine du séisme ;



Question :

- **Déterminer** les éléments d'un séisme et leurs caractéristiques.

Réponse :

Les éléments d'un séisme sont :

- **Le foyer** : appelé aussi l'hypocentre, il correspond au point de la rupture de la roche en profondeur suite aux forces tectoniques. A ce point, un séisme se déclenche.
- **Epicentre** : est le point de la surface le plus proche de foyer.
- **Ondes sismiques** : deux ondes sismiques sont émises à l'hypocentre lors d'un séisme, P et L.
- **La profondeur focale** : la distance entre l'épicentre et le foyer.
- **La distance focale** : la distance entre la station d'enregistrement et le foyer.
- **La distance épicentrale** : la distance entre la station d'enregistrement et l'épicentre.

Date :

Séquence 2 :**La structure interne de la Terre****Activité 1 : les caractéristiques des ondes sismiques**

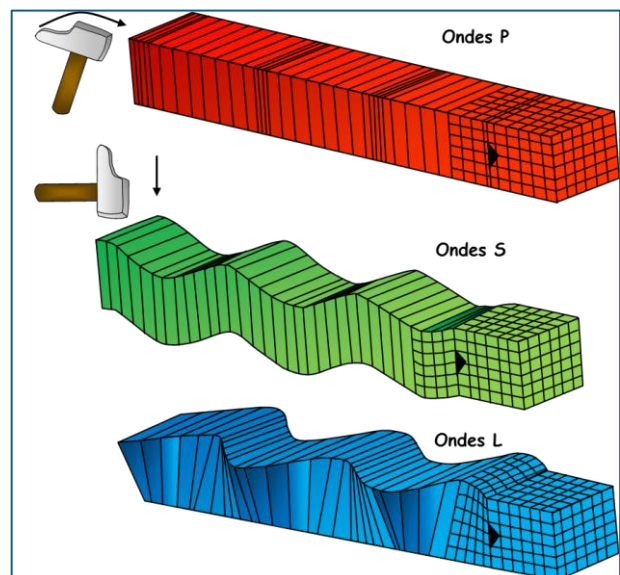
Une onde sismique est une vibration provenant du foyer et qui se propage dans toutes les directions. Elle s'atténue avec la distance parcourue.

Plusieurs types d'ondes sont émis par le foyer sismique, le tableau suivant résume l'essentiel à propos de ces ondes :

	P	S	L
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> - Appelée aussi « Primaires ». - Ondes de compression-dilatation avec changement de volume (modèle du ressort). - Faible amplitude. - Déplacement parallèle au sens de propagation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ondes « secondaires ». - Ondes de cisaillement ou transversales sans changement de volume. - Faible amplitude. - Déplacement perpendiculaire au sens de propagation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ondes « longues ». - Ondes de torsion (modèle de la houle). - Forte amplitude. - Résultent de l'interférence des ondes « P » et « S ».
Milieu de propagation	Tous les milieux	Solide (Jamais de liquide)	Solide, Liquide
Lieux de propagation	Ondes de volume : en profondeur	Ondes de volume : en profondeur	Ondes de surface
Vitesse	<ul style="list-style-type: none"> - Les plus rapides. - Variable en fonction de la densité du milieu traversé. 	<ul style="list-style-type: none"> - Variable en fonction de la densité du milieu traversé ($V_s < V_p$). 	Constante. V_L entre 4 et 4.4Km/s

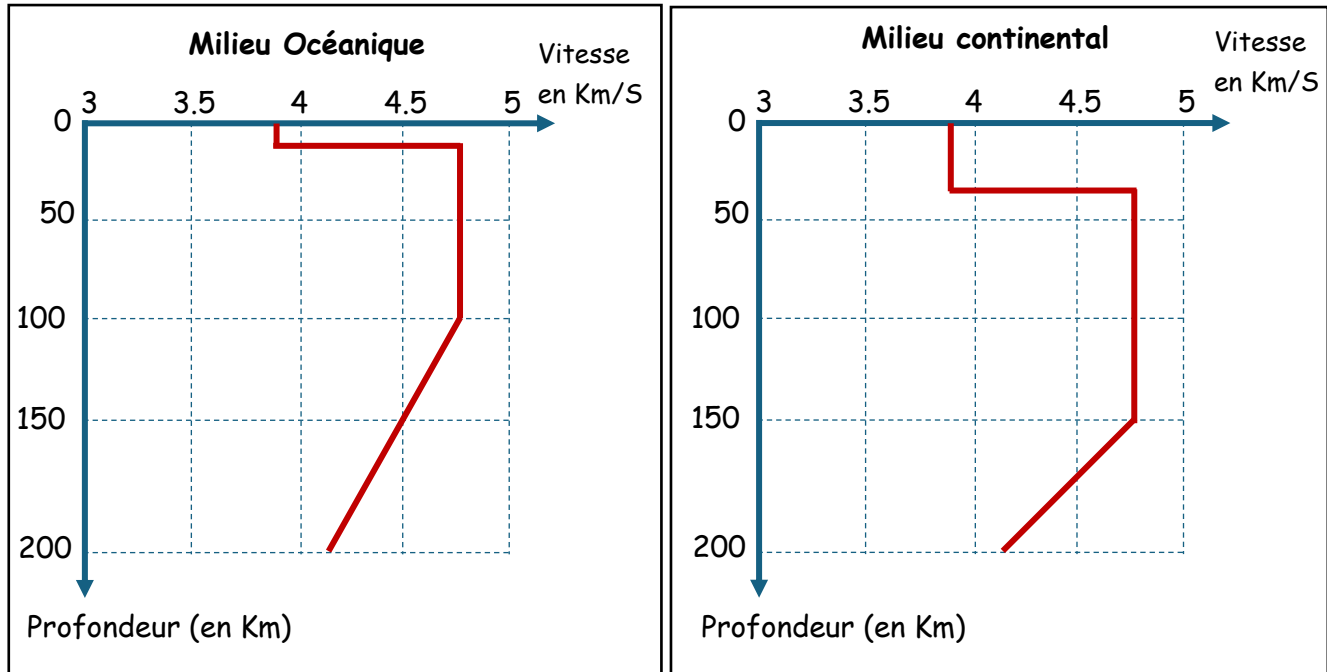
Lors d'un séisme, 2 types d'ondes élastiques sont émis simultanément : les **ondes P** (première) et les **ondes S** (seconde) qui se propagent à l'intérieur de la Terre. Lorsqu'elles arrivent à la surface de la Terre, elles engendrent des ondes de surface : les **ondes L** (ondes longues) qui sont les plus **destructrices**.

La vitesse et la trajectoire des ondes sismiques dépendent des **caractéristiques physicochimiques des matériaux traversés**, en particulier de leur **masse volumique, rigidité et état physique** (solide ou liquide).

**Activité 2 : Structure de la lithosphère et la notion de la plaque lithosphérique**

L'étude de la vitesse de propagation des ondes sismiques en profondeur fournit des informations sur la structure des plaques qui découpent la surface de la Terre. La vitesse des ondes sismiques diminue lorsque celle-ci traversent un milieu moins rigide. Une variation brutale et brusque de la vitesse des ondes témoigne d'un changement de la rigidité des roches et à ce niveau on parle d'une **discontinuité**.

Le graphique ci-dessous montre la variation des ondes sismique « S » en fonction de la profondeur jusqu'à 200Km.



Questions :

- 1- Décrire les graphes ci-dessous et délimiter les différentes couches identifiées.
- 2- Comparer la rigidité de ces couches en se basant sur la variation des ondes sismiques.
- 3- Déterminer le nom des couches que vous venez de différencier.
- 4- A partir des graphiques, déterminer l'épaisseur de la lithosphère océanique et la lithosphère continentale.
- 5- Sachant que la croûte océanique est formée essentiellement d'un substrat basaltique dense et que la croûte continentale formée d'une base granitique, réaliser un schéma-synthèse sur les différentes composantes de la lithosphère.

Réponses :

1-

Sous les océans :

De 0 km à 10 km : constate que la vitesse des ondes sismiques « S » reste constante à 3,8 km/s.

A 10 km : On remarque une augmentation brusque de la vitesse des ondes sismique « S » de 3,8 km/s à 4,75 km/s.

De 10 km à 100 km : on observe que les ondes sismiques « S » reste stable à 4,75 km/s.

De 100 km à 200 km : On constate que la vitesse des ondes sismiques « S » diminue de 4,75 km/s à 4,25 km/s

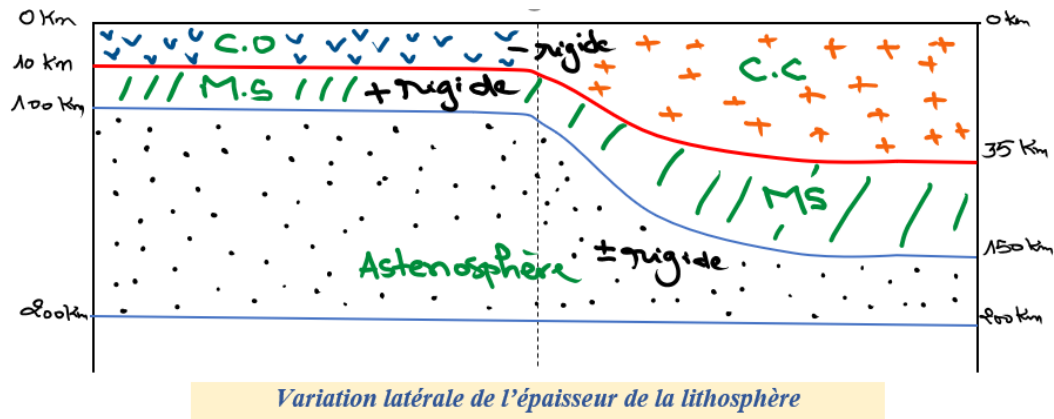
Sous les continents :

De 0 km à 35 km : constate que la vitesse des ondes sismiques « S » reste constante à 3,8 km/s.

A 35 km : On remarque une augmentation brusque de la vitesse des ondes sismique « S » de 3,8 km/s à 4,75 km/s.

De 35 km à 150 km : on observe que les ondes sismiques « S » reste stable à 4,75 km/s.

De 150 km à 200 km : On constate que la vitesse des ondes sismiques « S » diminue de 4,75 km/s à 4,25 km/s



2-

La couche entre 10 km et 100 km sous les océans et entre 35 km et 150 km sous les continents est la couche la plus rigide car c'est où la vitesse des ondes « S » la plus élevée.

La première couche (entre 0 km et 10 km sous les océans et entre 0 km et 35 km sous les continents) est moins rigide car la vitesse des ondes « S » est la plus faible à ce niveau.

La dernière couche (entre 100 km et 200 km sous les océans et entre 150 km et 200 km sous les continents) est plus ou moins rigide.

3-

Sous les océans :

Entre 0 km à 10 Km : **Croûte océanique (C.O)**

Entre 10 km à 100 Km : **Manteau lithosphérique**

Entre 100 km à 200 Km : **Manteau asthénosphérique**

Sous les continents :

Entre 0 km à 35 Km : **Croûte continentale (C.C)**

Entre 35 km à 150 Km : **Manteau lithosphérique**

Entre 150 km à 200 Km : **Manteau asthénosphérique**

4-

L'épaisseur de la lithosphère océanique est : **70 km à 100 Km.**

L'épaisseur de la lithosphère continentale est : **100 km à 150 km.**

L'épaisseur de la lithosphère continentale est au niveau des montagnes est : **200 km.**

5-

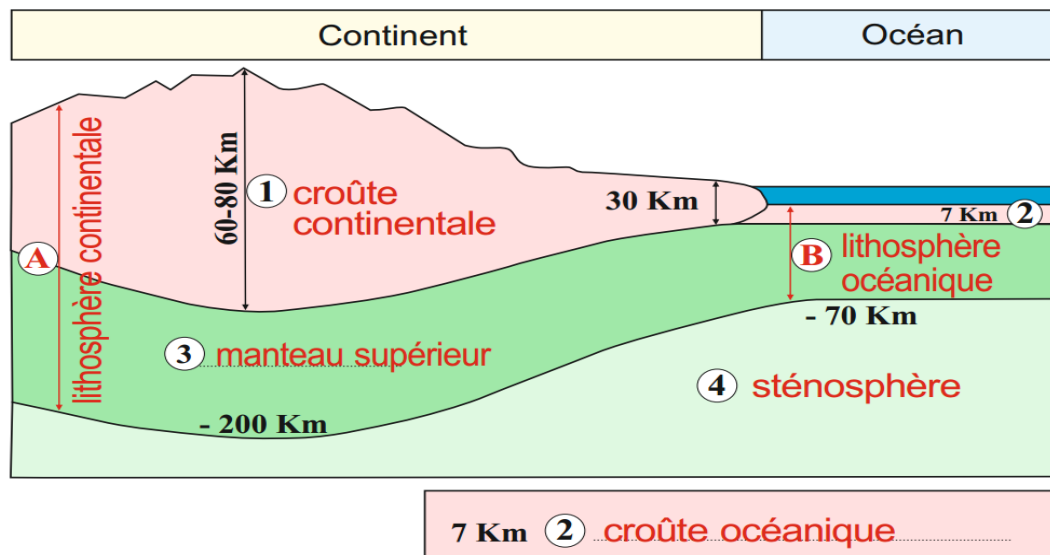
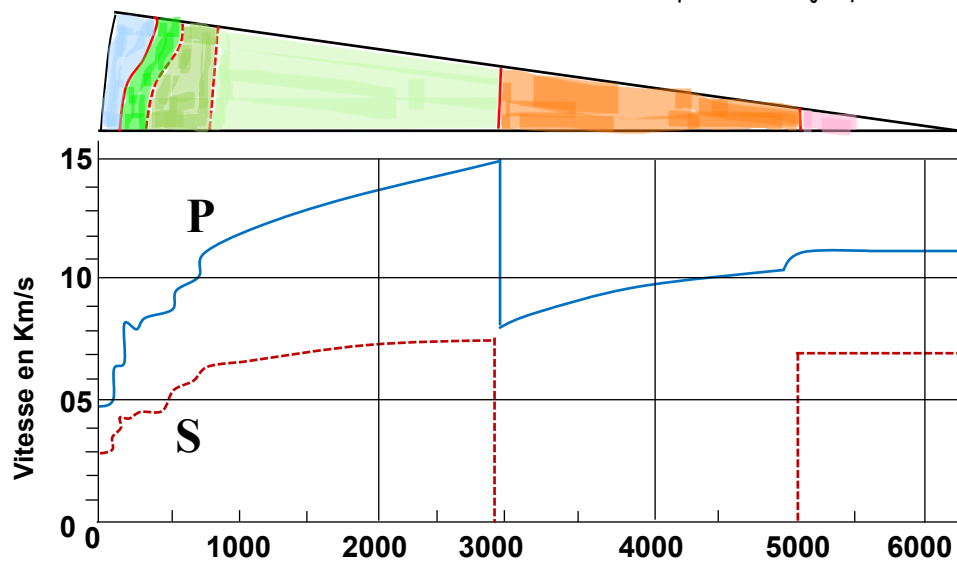


Schéma de la structure de la lithosphère

Activité 3 : Structure interne de la Terre

La propagation des ondes sismiques permet de déterminer la structure interne du globe terrestre. Le graphique ci-contre représente la variation de la vitesse des ondes « P » et « S » en fonction de la profondeur jusqu'au centre de la Terre.



1- **Proposer** un titre à ce document.

La variation de la vitesse (en km/s) des ondes sismiques « P » et « S » en fonction de la profondeur (en km)

2- **Compléter** ce schéma en ajoutant les termes suivants :

Lithosphère, Asthénosphère, manteau supérieur, manteau inférieur, Noyau externe, noyau interne

Couleur	Nom de l'enveloppe	Epaisseur
	Croûte terrestre	10 à 70 Km
	Manteau supérieur	100 à 130 km
	Manteau asthénosphérique	500 à 600 km
	Manteau inférieur	2200 km
	Noyau externe	2200 km
	Noyau interne (graine)	1300 km

3- **Décrire** brièvement les deux courbes

✓ On constate que la vitesse des ondes « P » est plus grande que la vitesse des ondes « S » ;

✓ On remarque qu'il y a trois variations brusques des ondes « P » et « S » :

- La première : à 10 Km et à 35 km ;
- La deuxième : à 2900 km ;
- La troisième : à 5100 km.

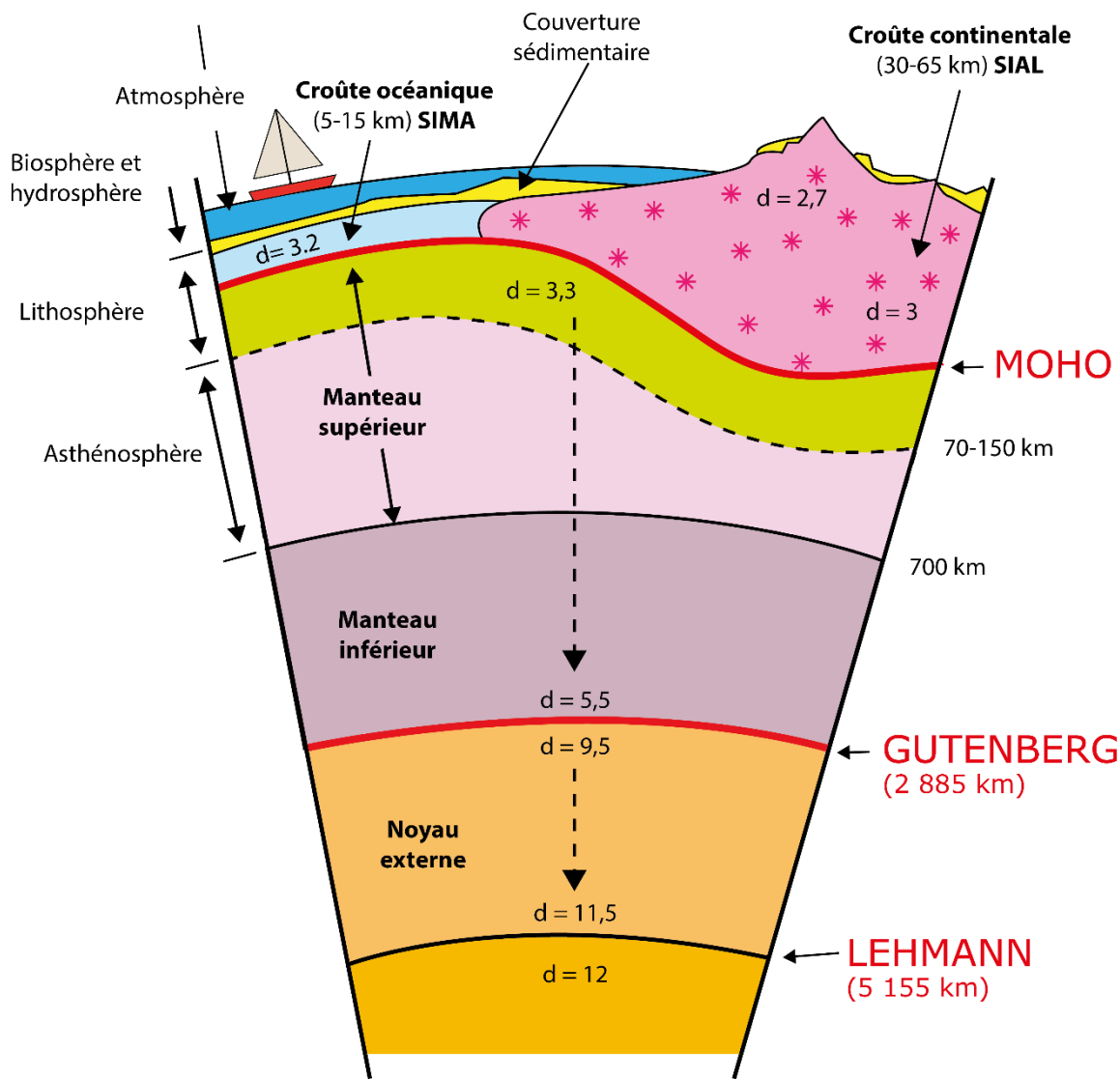
✓ On remarque l'absence des ondes sismiques « S » dans l'enveloppe entre 2900 km et 5100 Km.

4- **Dégager** les différentes discontinuités mise en évidence par la variation de la vitesse de propagation des ondes « P » et « S ».

- 1) La première est à 10 Km ou à 35 km : c'est la discontinuité de MOHO ;
- 2) La deuxième est à 2900 km : c'est la discontinuité de GUTENBERG ;
- 3) La troisième est à 5100 km : c'est la discontinuité de LEHMAN.

5- **Déduire** les principales enveloppes du globe terrestre et compléter le schéma au suivant :

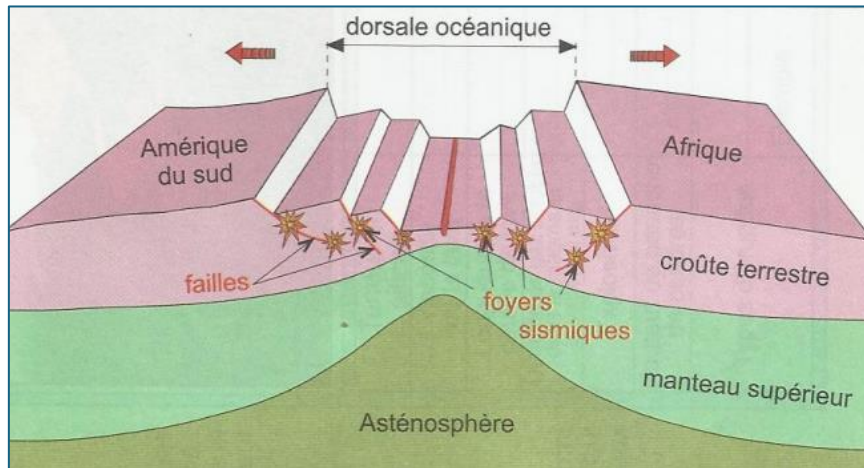
Partie de la Terre		Caractéristiques		
		Etat	Epaisseur	Température
Croûte terrestre	Continentale	Solide	35 km	15° à 20° à la surface, 1000° en profondeur.
	Océanique	Solide	10 km	
Manteau	Supérieur	Solide	Environ 700 km	Plus de 1000°C
	Inférieur	Visqueux	Environ 2100 km	Environ 3700°C
Noyau	Externe	Liquide	Environ 2300 km	En moyenne 3700°C
Interne	Interne	Solide	Environ 1200 km	Plus de 6000°C



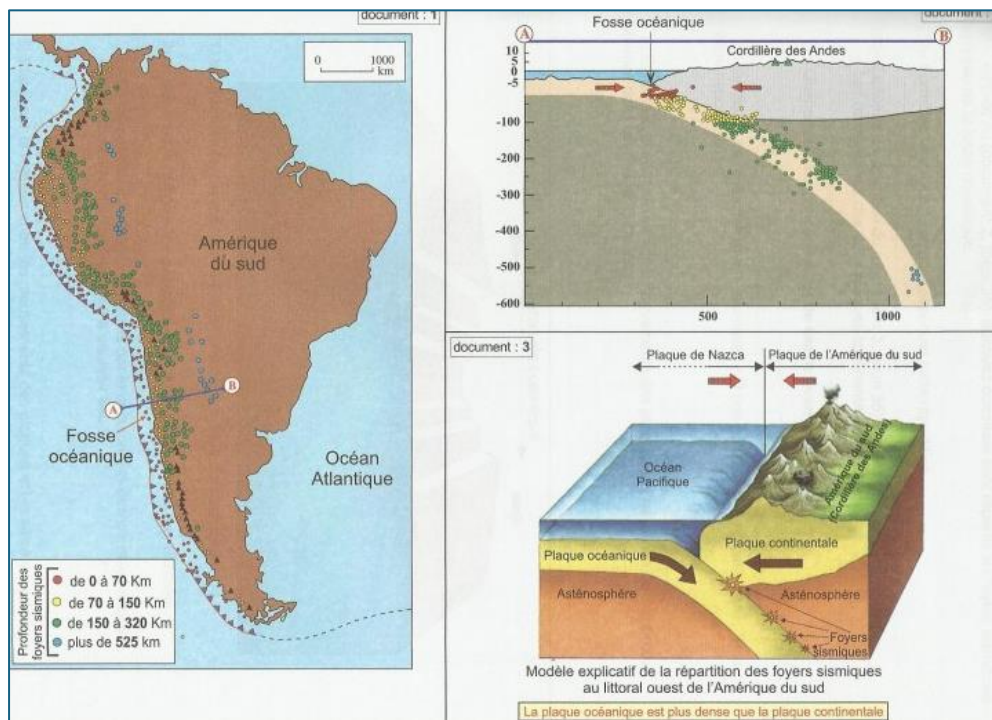
Date : 2024

Séquence 3 :**Les séismes et la tectonique de plaques****Activité 1 : les séismes des zones de divergence.**

Le document ci-dessous montre la géométrie d'un rift au niveau de l'axe de la dorsale médio-océanique



A ce niveau, et à cause des forces divergentes provoquant la formation d'un rift composé de failles normales, les foyers sismiques sont superficiels (proche de la surface de la terre).

Activité 2 : les séismes des zones de convergence et la notion de la subduction.

En passant du A vers B, on remarque les foyers sismiques sont plus en plus profonds, ils peuvent atteindre plus de 500 km (l'épaisseur de la lithosphère ne dépasse pas au maximum 200 km).

Cette situation s'explique par l'enfoncement du matériau océanique plus dense sous le matériau continental moins dense suivant un plan incliné (45°) : **c'est la subduction**

Ce plan incliné représente la surface sismique séparant la plaque chevauchante de la plaque subduite. Ce plan se nomme plan de **Wadati-Benioff**, des noms de ses deux découvreurs

Les foyers maximums des séismes sont de 700 km, ce qui se traduit par la fin de la plaque de subduction. Au-delà, la plaque est recyclée au niveau du manteau.

