

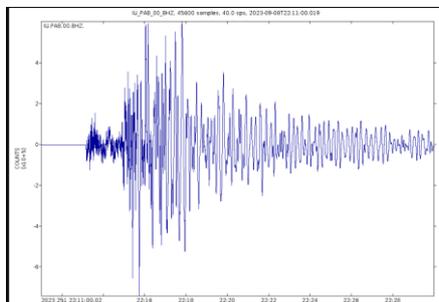
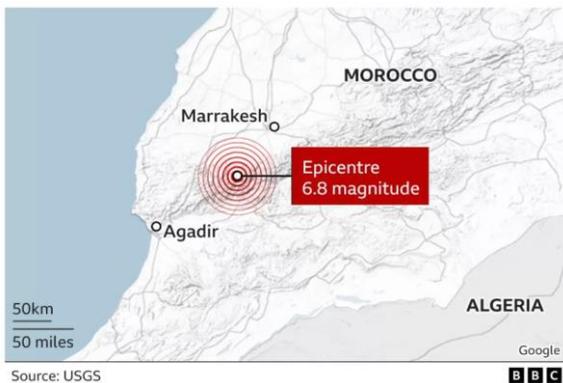
Chapitre 2 : les phénomènes sismiques et leur relation avec la tectonique des plaques

Introduction

Le séisme est une secousse où un ensemble de secousses de la surface de globe terrestre qui se propagent sous forme d'ondes, appelées ondes sismiques. En fonction de son intensité, le séisme peut entraîner des pertes de vies humaines, des dégâts divers au niveau du paysage et au niveau des infrastructures. La plupart des séismes sont localisés au niveau des frontières des plaques.



→ Séisme d'Al Haouz 2023



Problèmes posés :

- Comment enregistrer les séismes ? et comment évaluer leurs intensités ? quel est leur origine ?
- Quelles informations fournissent les variations de la vitesse des ondes sismiques sur la structure interne du globe terrestre ?
- Quelle est la relation entre les séismes et la tectonique des plaques

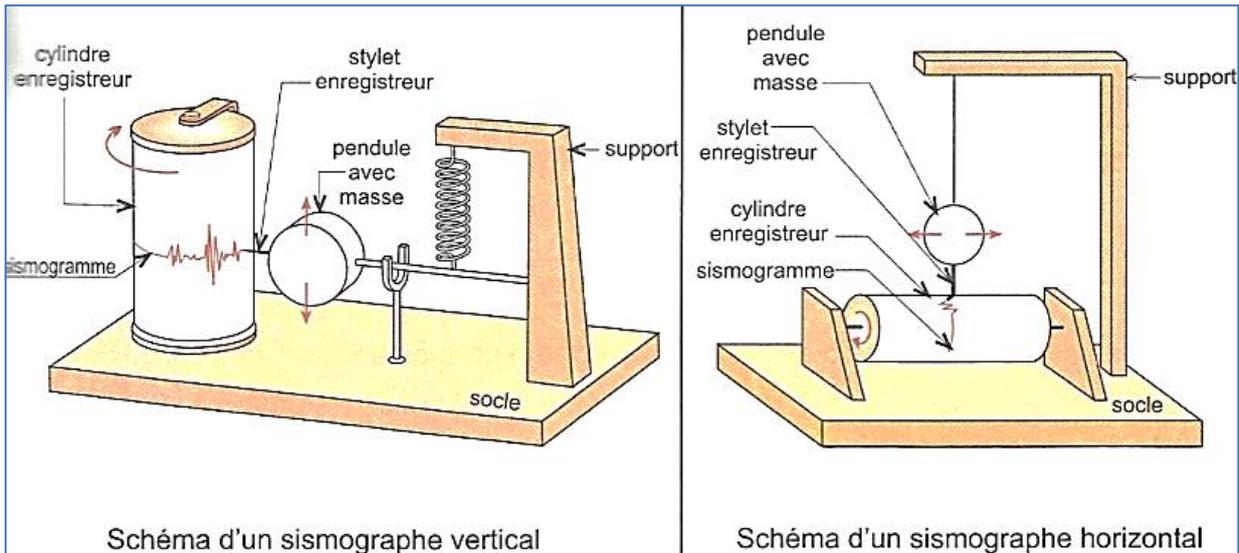
Activité 1 : Méthodes utilisées dans l'étude des séismes

Les secousses sismiques sont enregistrées à l'aide des sismographe installés dans des stations situées dans différents points du globe terrestre

- Comment enregistrer les secousses sismiques ?
- Comment évaluer leurs intensités
- Quel est l'origine des séismes ?

A – Enregistrement des secousses sismiques et évaluation de leur intensité

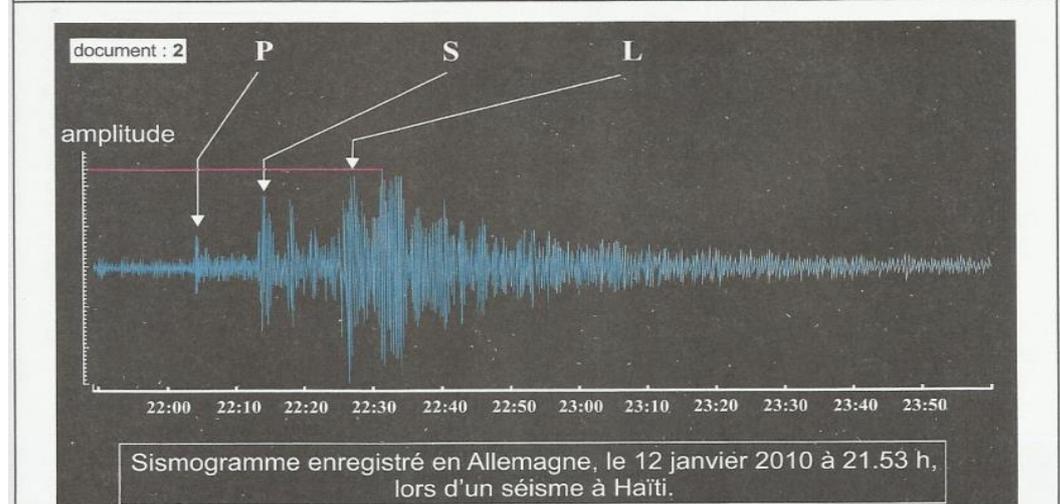
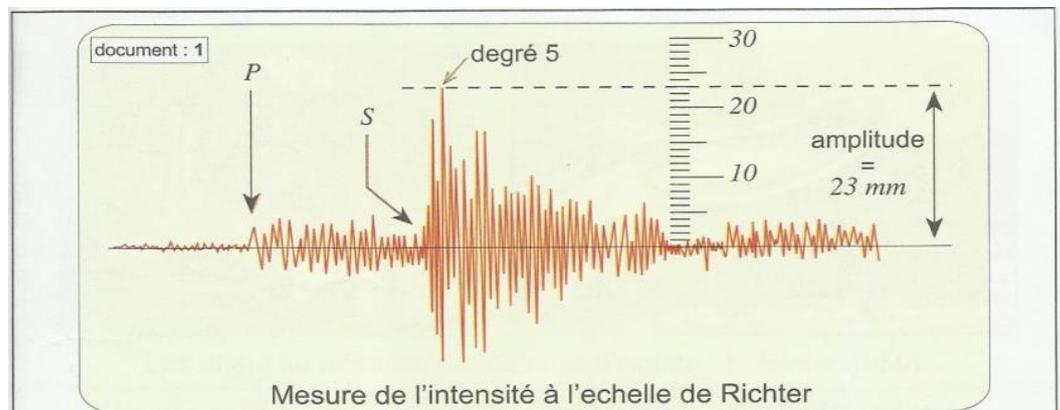
1. Enregistrement des secousses sismiques



Les secousses sismiques sont enregistrées par un sismographe fixé sur une plateforme. Le stylet enregistre les secousses sur un papier fixé sur le cylindre, on obtient ainsi un sismogramme (doc 1 et 2), Actuellement les géophysiciens utilisent des sismographes numériques très sensibles, capables d'enregistrer toutes les secousses créées à l'échelle du globe.

Questions :

- 1) Après l'analyse du sismogramme, indiquez les différents types d'ondes qui se succèdent dans le temps, puis classez les, selon leur temp d'arrivée au sismographe
- 2) Quelles informations peut-on tirer du sismogramme concernant le séisme ?



Eléments de réponse :

- 1) Lors d'un séisme, on enregistre trois types d'ondes qui se succèdent :
 - L'onde P (primaire)
 - L'onde S (secondaire)
 - L'onde L
- 2) Le sismogramme nous permet de déterminer :
 - L'origine du séisme
 - La magnitude du séisme
 - L'heure et la date du séisme

2. Evaluation de l'intensité et la magnitude d'un séisme

• L'intensité d'un séisme

L'intensité correspond à l'évaluation des **dégâts observés**. Elle est mesurée par l'échelle de Mercalli proposé par Mercalli et modifié par MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik) Elle est graduée en chiffres romains de I à XII. Cette intensité est déterminée par deux choses : **l'ampleur des dégâts** causés par un séisme et la **perception** qu'a eu la population du séisme

• La magnitude d'un séisme :

La magnitude indique **l'énergie libérée** au foyer du séisme. Elle est mesurée par l'échelle de Richter, ce dernier a été inventé en 1935, comporte des magnitudes à 9 degrés qui traduit la **quantité d'énergie mécanique libérée par la terre lors d'un séisme**

Remarque : L'échelle de Richter peut reliée à l'échelle de Mercalli (M.S.K.) par la formule suivante :

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

Avec :

M : magnitude du séisme dans l'échelle de Richter

I : intensité du séisme dans l'échelle de M.S.K

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 batiments	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)

B – Origine des secousses sismiques

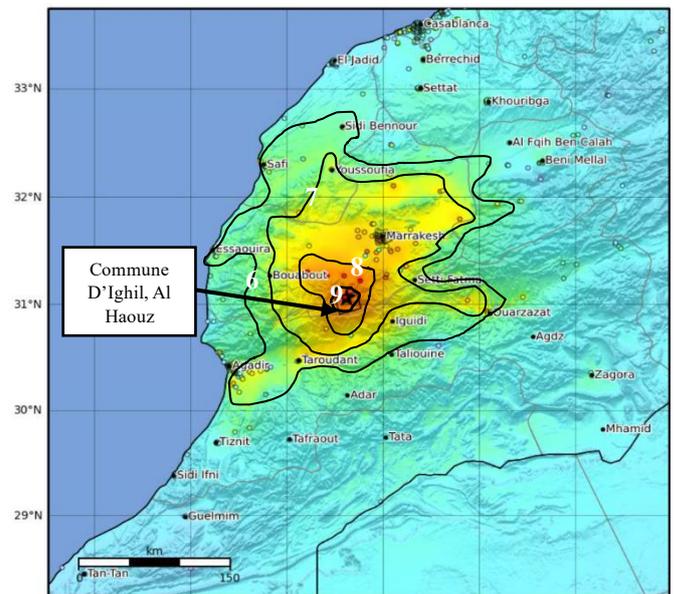
Exercice intégré 1



Les effets du tremblement de terre d'Al Haouz 8 septembre 2023

Le document ci-contre représente la courbe sismique d'Al Haouz.

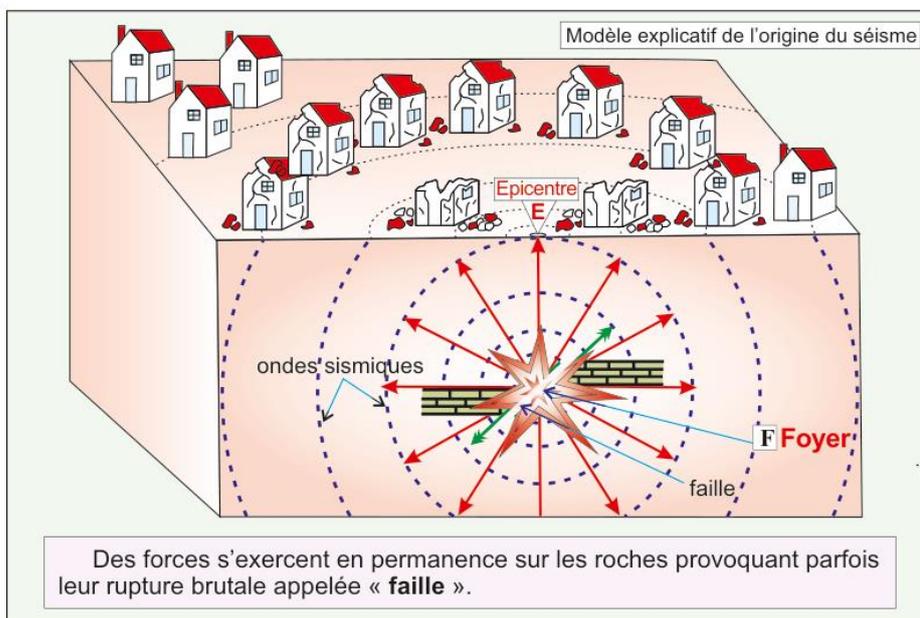
- 1) **Que désigne** les courbes numérotées de cette carte ?
- 2) **Déterminez** l'intensité de ce séisme. Et quelle échelle a été utilisée ?
- 3) Sachant que le lieu de la surface terrestre ou l'intensité du séisme est la plus importante s'appelle « épicentre »
 - a. **Indiquez** l'épicentre de ce séisme
 - b. **Déterminez** comment varient les intensités de ce séisme, à chaque fois qu'on s'éloigne de l'épicentre



Eléments de réponse :

- 1) Chaque courbe relie toutes les régions ayant subi la même intensité du séisme
- 2) Le séisme a une intensité de **9** à l'échelle de **Mercalli**
- 3)
 - a. L'épicentre est la commune d'**Ighil**, Al Haouz
 - b. L'intensité du séisme **diminue** à mesure que l'on s'éloigne de l'épicentre

Exercice intégré : Origine des séismes



Questions :

- 1) a. **Décrivez** les événements qui se produisent dans la zone désignée par (F) sur le schéma.
b. On appelle cette zone foyer. **Donnez** la définition de ce lieu
c. **Rappelez** ce qu'est un épicentre. **Indiquez** par une croix rouge l'épicentre sur le schéma
- 2) a. **Comparez** la distance séparant le foyer de l'épicentre et le foyer des autres régions affectées
b. **Expliquez** la disparité des dégâts causés par le séisme dans les autres régions

Réponses :

- 1)
 - a. Cette zone connaît une rupture brutale des roches appelée faille qui libère de l'énergie sous forme d'ondes qui se propagent dans toutes les directions
 - b. On appelle **foyer sismique** la zone de départ des ondes sismiques libérées lors de la rupture brutale des roches
 - c. Un épicentre est le lieu de surface de la terre où **l'intensité maximale** du séisme a été enregistré (voir le schéma)
- 2)
 - a. L'épicentre est la région la plus proche du foyer par rapport aux autres régions cela explique l'étendue des dégâts dans cette région
 - b. Plus on s'éloigne de l'épicentre, plus on s'éloigne du foyer, plus l'intensité du séisme baisse, plus les dégâts causés par le séisme sont moindres

BILAN

En profondeur, les roches subissent des **contraintes** et vont accumuler **l'énergie** qui sera libérée après leur **rupture**. Cela se traduit par des **ondes sismiques** qui se propagent dans **toutes les directions** et atteignent la surface de la terre en mettant le sol en mouvement

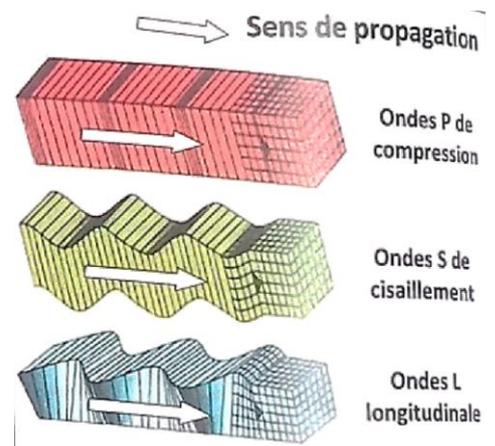
Activité 2 : Importance des ondes sismique dans la détermination de la structure interne du globe terrestre

Les géologues ont pu déterminer la structure interne du globe terrestre à partir de l'étude de la vitesse de propagation des ondes sismiques

- Comment ces études ont permis de déterminer la structure interne du globe terrestre ?

A – Caractéristiques physiques des ondes sismiques.

- Une variation brutale de la vitesse de propagation des ondes sismiques, indique que les ondes traversent des **matériaux de deux milieux de natures différentes**
- Une variation progressive de la vitesse de propagation des ondes sismiques, indique que ces ondes traversent des matériaux **de même nature, mais dont la solidité est différente**.



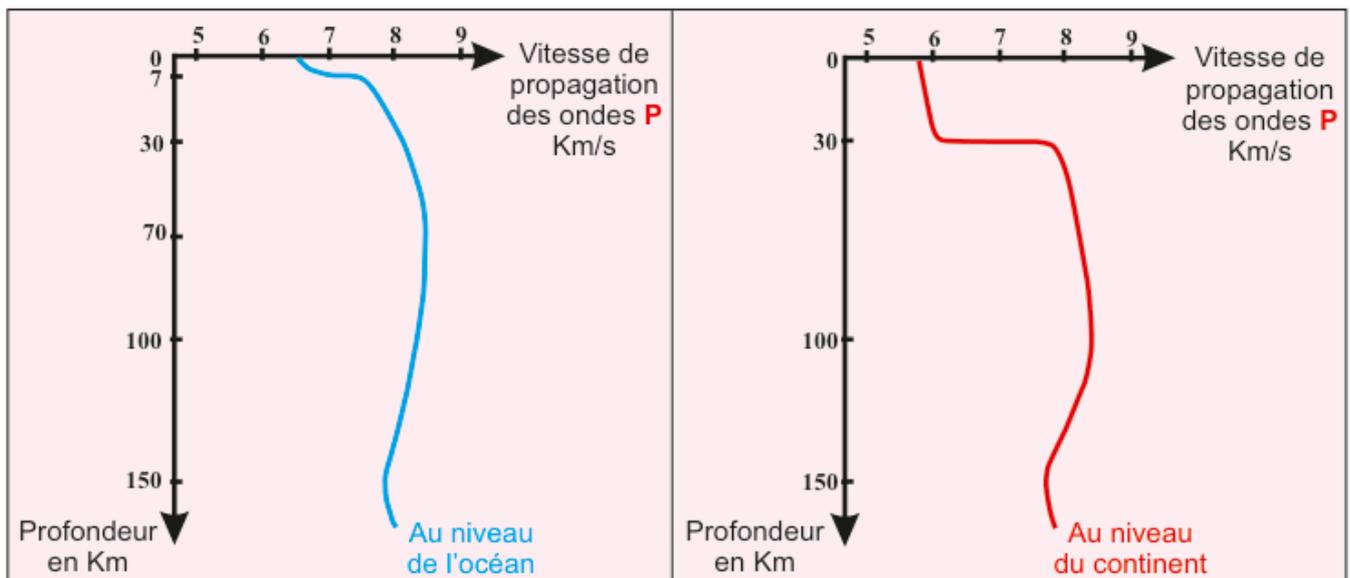
- **Les ondes P** se propagent dans les milieux **solides** et dans les milieux **fluides**, avec une vitesse variable
- **Les ondes S** se propagent dans les milieux **solides uniquement**, avec une vitesse variable.
- **Les ondes L** se propagent à la **surface du globe et la croûte terrestre**, uniquement dans les milieux **solides** avec une vitesse constante de **4 Km/s**.

Chaque fois que la vitesse des ondes P et S augmente c'est que le milieu qu'elles versent devient plus dense et plus solide.

B – Structure de lithosphère

Exercice intégré

L'étude de la vitesse de propagation des ondes sismiques en profondeur a permis d'établir la structure interne des plaques. Les courbes ci-dessous représentent la variation de la vitesse des ondes en fonction de la profondeur.



L'interprétation des graphiques, montre des variations brutales des ondes P, appelées «discontinuités».

- 1) Complétez le tableau en indiquant la profondeur de ces variations brutales de la vitesse des ondes P au niveau des continents et des océans.

	Au niveau des océans		Au niveau des continents	
Profondeur en Km

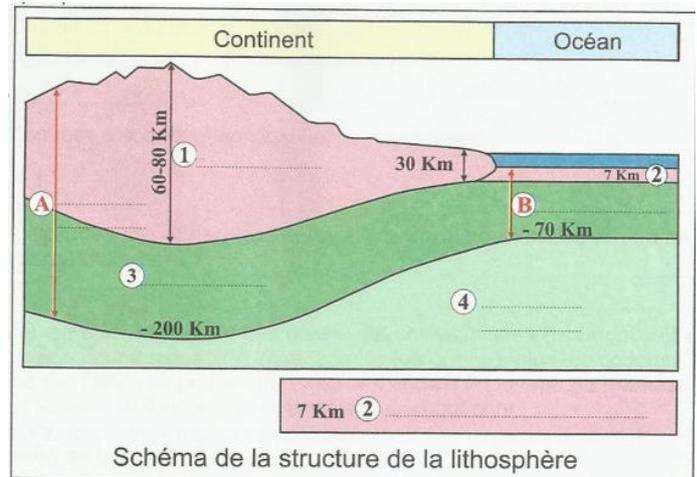
- 2) Que désignent ces variations de vitesse ? justifiez votre réponse
- 3) Que peut-on déduire en ce qui concerne la structure interne du globe terrestre à ces niveaux de profondeur

4) L'étude des ondes sismiques, permet de distinguer les différentes couches composant la lithosphère (plaque lithosphérique)

+ la croute rigide continentale ou océanique qui repose sur le manteau supérieur rigide.

+ en dessous de la lithosphère, l'Asthénosphère, partie du manteau moins rigide.

- Légendez le schéma ci-contre à l'aide du texte ci-dessus
- Comparez l'épaisseur de la croute continentale avec la croute océanique et l'épaisseur du manteau supérieur continental avec l'épaisseur du manteau océanique
- A l'aide des informations tirées de cet exercice, donnez une définition d'une plaque lithosphérique



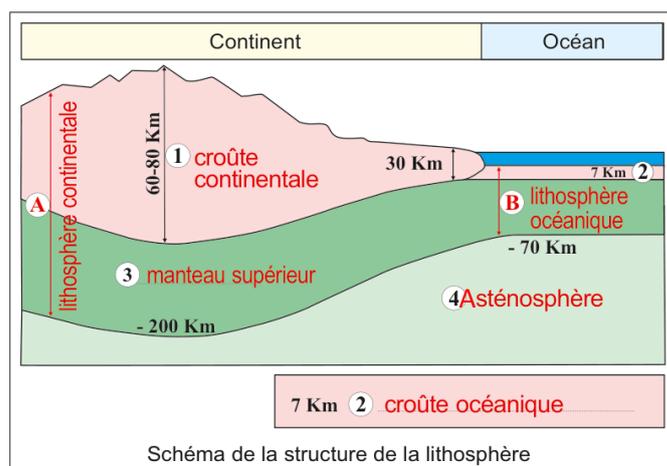
Eléments de réponse :

1)

	Au niveau des océans		Au niveau des continents	
Profondeur en Km	7 Km	70 Km	30 Km	100 Km

- Ces variations de vitesse désignent la limite entre deux milieux de structures différentes. L'augmentation progressive de la vitesse des ondes indique que celle-ci passent d'un milieu moins rigide à un milieu plus rigide. L'augmentation brutale de la vitesse des ondes indique que celle-ci traversent deux milieux de nature différente, c'est-à-dire qu'elles changent de roches. Quand leur vitesse diminue progressivement, cela indique que les ondes traversent la même roche qui devient de plus en plus molle.
- On peut déduire que le globe terrestre à ce niveau, est constitué de couches différentes
-

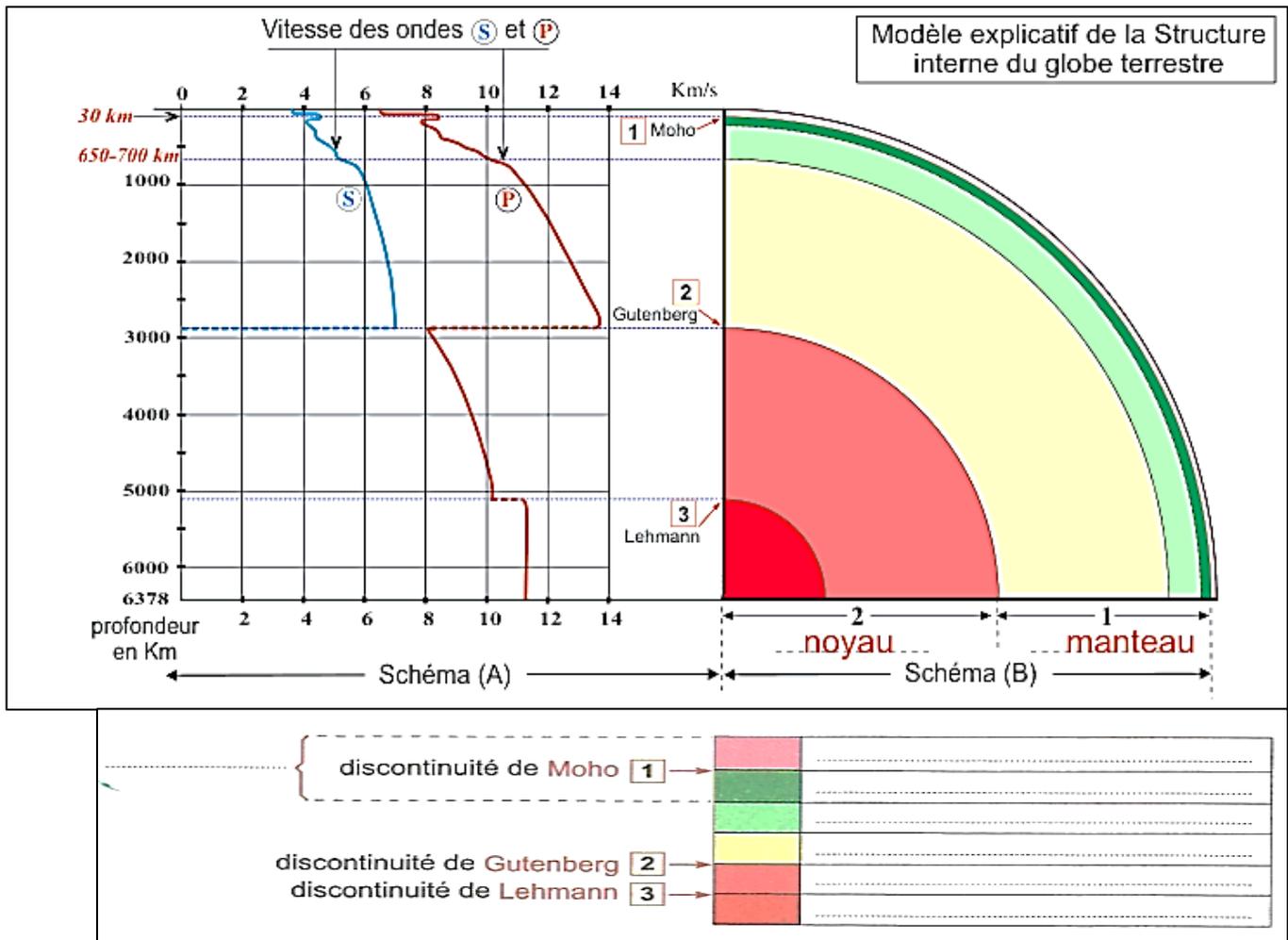
a.



- On remarque que la croute terrestre et le manteau supérieur au niveau du continent sont plus épais que la croute terrestre et le manteau supérieur au niveau de l'océan
- La **plaque lithosphérique** est une partie de la surface de la terre constituée de la lithosphère qui est formée de la croute rigide (continentale ou océanique) et du manteau supérieur plus rigide (continental ou océanique)

C – la structure interne de la terre

Le document ci-dessous représente graphiquement la variation de la vitesse de propagation des ondes sismiques P et S en fonction de la profondeur du globe terrestre



1)

a. **Complétez** le tableau suivant en indiquant le nom et la profondeur de chaque discontinuité

	Discontinuité 1	Discontinuité 2	Discontinuité 3
Le nom
La profondeur

b. **Déduisez** que représentent ces discontinuités. Justifiez votre réponse

c. A l'aide des données précédentes, que peut-on **déduire** en ce qui concerne la structure interne de la terre ?

2) **Complétez** le schéma B, par les termes suivants : manteau supérieur – croûte terrestre – noyau externe – noyau interne – Asthénosphère – manteau inférieur

Eléments de réponse

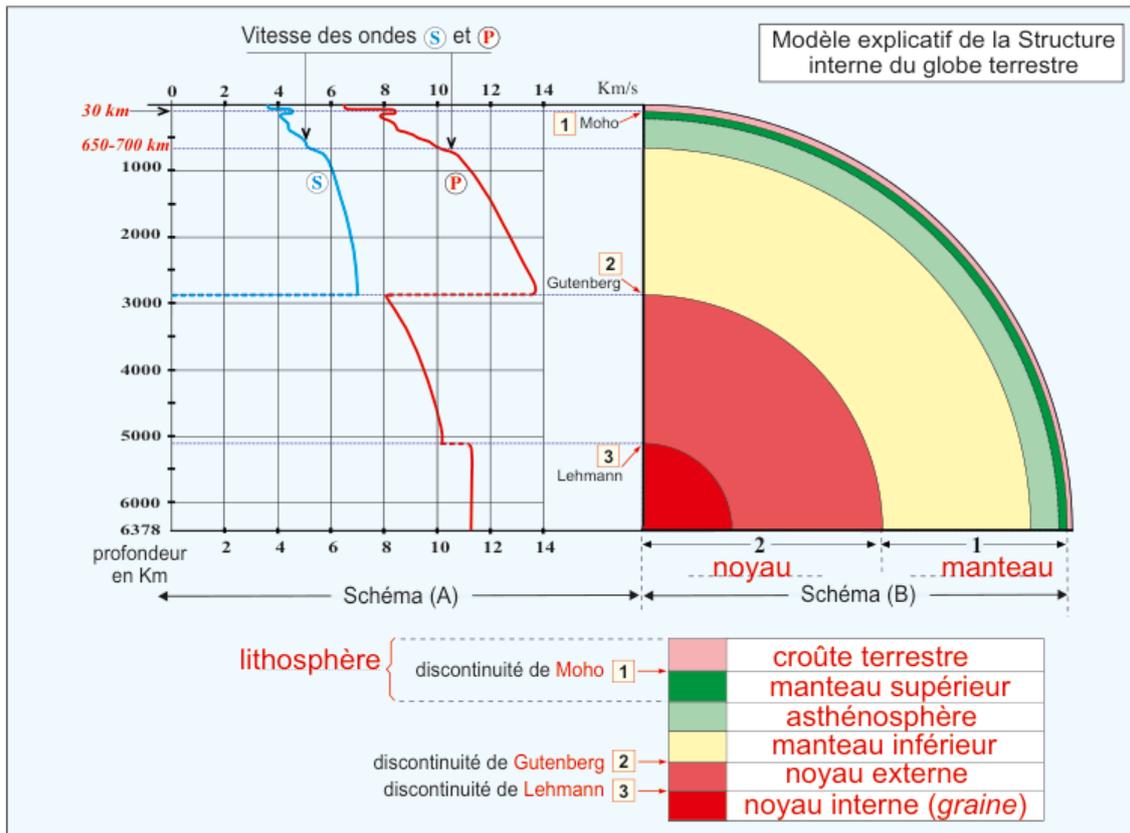
1)

a.

	Discontinuité 1	Discontinuité 2	Discontinuité 3
Le nom	Moho	Gutenberg	Lehmann
La profondeur	30 Km	2900 Km	5100 Km

b. Ces discontinuités correspondent à la limite entre deux milieux de structure différente, car une variation brusque de la vitesse des ondes indique le passage d'un matériau à un autre de composition différente

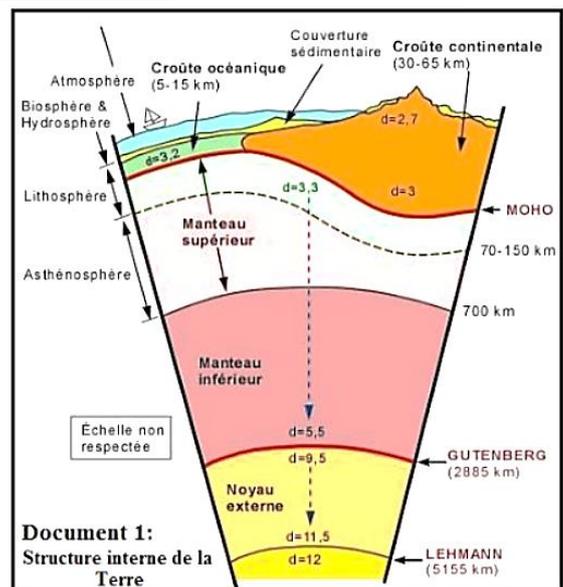
2)



BILAN

Le globe est constitué de plusieurs couches concentriques, de nature et d'épaisseur différentes :

- Les croûtes océanique et continentale → **rigide**
- Le manteau supérieur :
 - ❖ Lithosphère → **rigide**
 - ❖ Asthénosphère → **ductile**
- Le manteau inférieur → **relativement ductile**
- Noyau externe → **liquide**
- Noyau interne → **rigide**



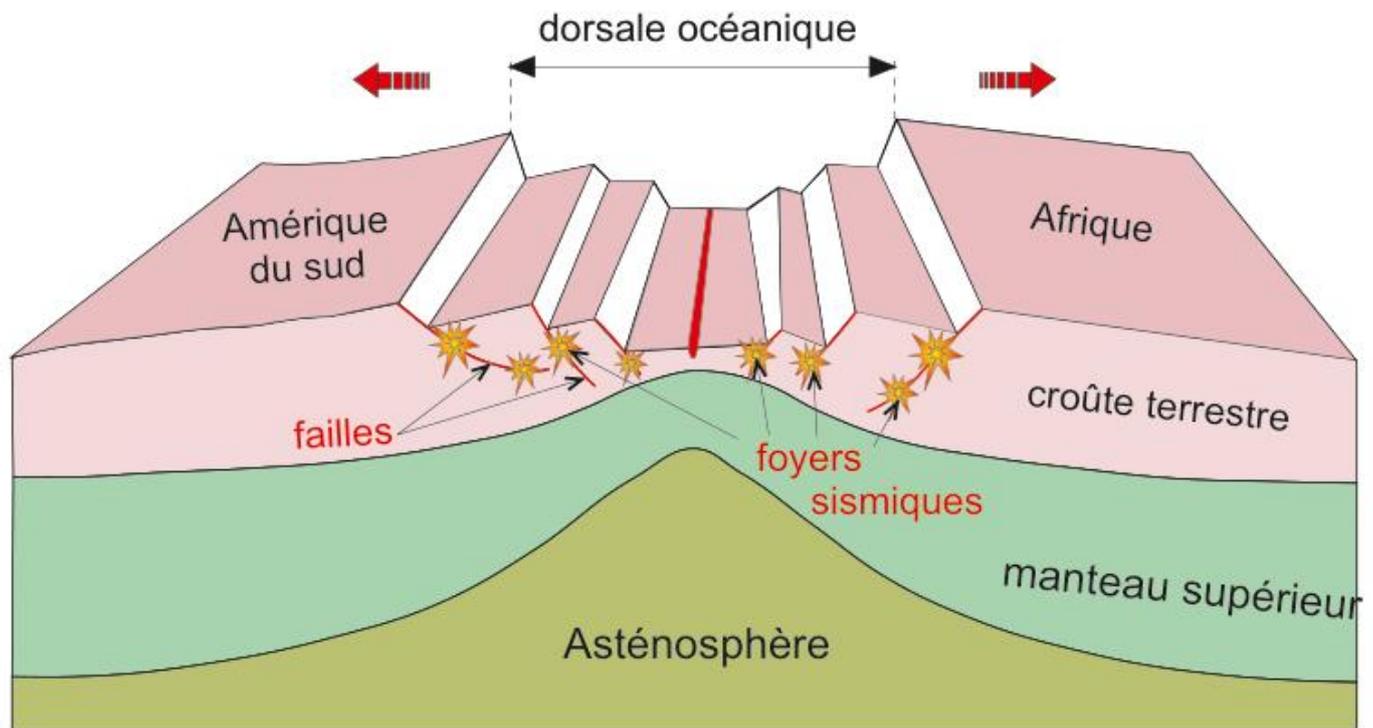
Activité 3 : Relation entre les séismes et la tectonique des plaques

La répartition des séismes récents montre que la plupart ont lieu dans les zones qui limitent les plaques lithosphériques ce qui montre qu'il y a une relation entre la mobilité des plaques et les phénomènes sismiques.

- Quelle relation existe-t-elle entre le déplacement des plaques et les séismes

A – Origine des séismes au niveau des dorsales océaniques

Afin de définir l'origine des séismes au niveau des dorsales océaniques, on propose le modèle explicatif suivant :



Questions :

- 1) **Indiquez** les mouvements des plaques au niveau de la dorsale océanique
- 2) **Expliquez** le **résultat** de ces mouvements tectoniques au niveau de la dorsale océanique ?

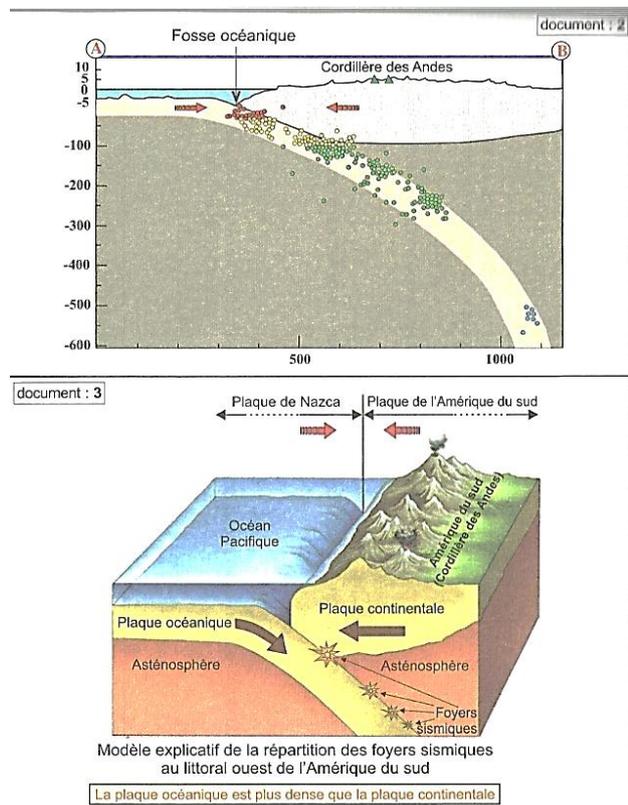
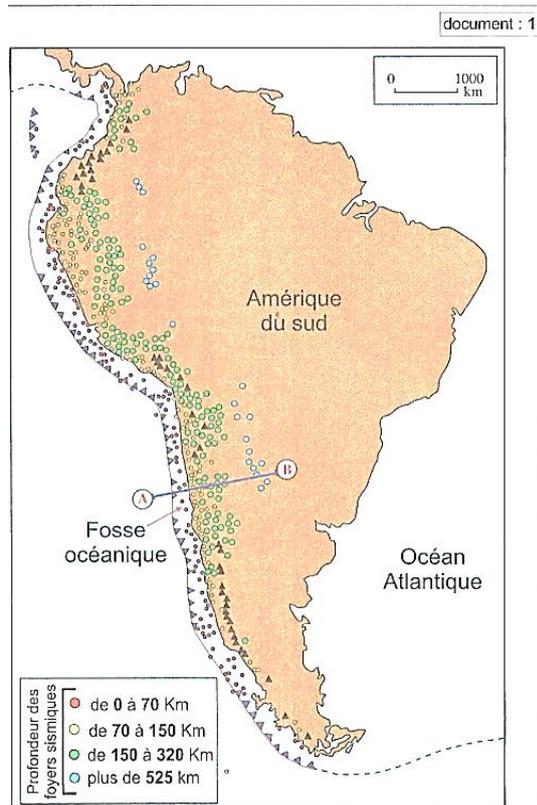
Eléments de réponse :

- 1) Les deux plaques s'écartent l'une de l'autre
- 2) Au niveau de la dorsale, les roches sont soumises à des **forces de divergence** entraînant leur **rupture** (faille) et par conséquent formation de **foyers sismiques**

B – Origine des séismes au niveau des zones de la subduction

Pour déterminer la relation entre le phénomène de la subduction et la naissance des séismes

- **Doc 1** représente la répartition des séismes entre la plaque de Nazca et la plaque sud-Américaine
- **Doc 2 et 3** représentent des modèles explicatifs de la répartition des foyers sismiques dans la même région



- 1) À l'aide du document 2
 - a. **Décrivez** comment sont répartis les foyers sismiques u niveau de la fosse océanique
 - b. **Formulez** une hypothèse pour expliquer cette répartition
- 2) **Exploitez** les données du documents 3 et **déterminer**
 - a. Les mouvements de deux plaques continentales et océaniques
 - b. Quelles sont ls conséquences de ces mouvements
 - c. **Expliquez** comment les foyers sismiques ont pris naissance dans cette zone. Testez votre hypothèse

Eléments de réponse :

- 1)
 - a. Les foyers sismiques sont répartis suivant un plan incliné appelé **plan de Bénéioff**. On remarque aussi, qu'en avançant vers le continent, les foyers sismiques deviennent de plus en plus profonds
 - b. Cette répartition nous permet de supposer que la plaque océanique rigide s'enfonce sous la croute continentale
- 2)
 - a. Les deux plaques convergent avec une subduction
 - b. Ces mouvements entraînent la naissance de foyers sismiques
 - c. A la suite des frottements résultant de l'enfouissement de la croute océanique sous la croute continentale, se créent des forces qui s'exercent sur les roches, entraînant leur rupture brusque par conséquent naissent les foyers sismiques. Donc, notre hypothèse est validée

BILAN

- **Au niveau de la dorsale :**

Sous l'effet des **courants de convection ascendant**, la croûte océanique se **fragilise**.

Sous l'action des **forces de divergences**, les plaques lithosphériques **s'étirent** et se **cassent**, provoquant des **failles** qui sont **l'origine des foyers sismiques**

- **Au niveau des zone de subductions**

Les plaques sont soumises à des **contraintes de convergence**, se rapprochent de façon, à ce que la lithosphère océanique (**plus dense**), **plonge** sous la lithosphère continentale (**moins dense**) provoquant une **activité sismique très importante**