

THEME : LA GÉODYNAMIQUE INTERNE**LEÇON 1 : LES ACTIVITÉS INTERNES DU GLOBE TERRESTRE****1. SITUATION D'APPRENTISSAGE**

Dans le cadre des activités du club SVT de ton établissement, des élèves effectuent une visite guidée à la station expérimentale de Lamto sous la conduite de leur professeur de SVT. Ils découvrent les appareils qui enregistrent toutes les vibrations qui traversent et secouent la terre à de grandes distances de la station. Ces vibrations selon les techniciens de la station ont souvent des conséquences désastreuses lorsque leurs intensités sont élevées. Pour comprendre ces phénomènes, les élèves en classe de 1^{ère} D décident de déterminer les caractéristiques des ondes sismiques, d'expliquer la propagation de ces ondes et d'en déduire la structure de la terre.

2. CONTENU DU COURS**COMMENT LES MOUVEMENTS INTERNES DE LA TERRE SE MANIFESTENT-ILS?**

La découverte des appareils qui enregistrent les vibrations qui traversent et secouent la terre permet de constater que des mouvements se manifestent à l'intérieur de la Terre. On suppose que :

- Les mouvements internes de la terre se manifestent en déformant sa surface externe.
- Les mouvements internes de la terre se manifestent par l'émission des ondes sismiques.
- Les mouvements internes de la terre se manifestent en fonction de sa structure.

I- Les mouvements internes de la terre se manifestent-ils en déformant sa surface externe ?**1-Observation**

Observons les images montrant les effets d'un séisme et d'un volcanisme. (documents 1; 2 et 3)



Corbis

Document1: Effets dévastateurs des tsunamis

Cette photo, prise le 23 mai 1960, montre les dégâts engendrés à Hilo (Hawaii) après le passage du tsunami formé au large des côtes du Chili, à la suite du plus fort tremblement de terre jamais enregistré (magnitude 9,5 sur l'échelle de Richter).

Microsoft © Encarta



Anchorage Museum of History and Art

Document 2 : Séisme en Alaska

Ce séisme, qui atteignit la magnitude 9,2 sur l'échelle de Richter, fut l'un des plus violents d'Amérique du Nord. Il dévasta Anchorage et Valdez en 1964.

Microsoft © Encarta © 2008.



Document 3: JAPON. Plus de 36 morts après l'éruption d'un volcan

2-Résultats

L'image du document 1 montre les dégâts engendrés à Hilo (Hawaii) après le passage du tsunami formé à la suite d'un tremblement de terre.

L'image du document 2 montre les effets d'un séisme en Alaska en 1964.

L'image du document 3 montre les effets d'un volcanisme sur un village du Japon en 2014.

3-Analyse

Les séismes provoquent :

- la fissuration de la terre.
- la destruction des habitations, des édifices publics, des ponts, des barrages...
- des pertes en vies humaine,
- la destruction de la végétation et des animaux,
- les glissements de terrains,
- un raz de marée ou tsunami lorsque le séisme se déroule dans les terres sous-marines.
- le volcanisme,

Le volcanisme provoque le rejet des cendres qui entraîne :

- L'engloutissement des habitations.
- L'incinération de la végétation et des animaux
- L'intoxication des Hommes et des animaux
- La perturbation de la navigation aérienne.

Le séisme et le volcanisme entraînent des déformations sur la structure externe de la Terre.

4-Conclusion

Les mouvements internes de la terre se manifestent effectivement en déformant sa surface externe.

II- Les mouvements internes de la Terre se manifestent-ils par l'émission des ondes sismiques ?

A- Enregistrement des ondes sismiques

1-Observation

Observons un enregistrement fait par un sismographe à la suite d'un séisme. (Documents 4 et 5)

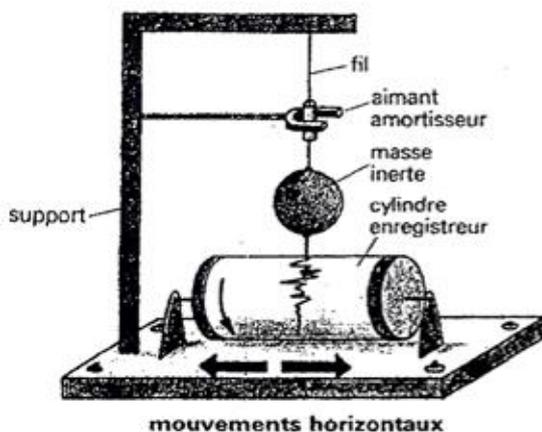
La plupart des appareils enregistreurs ou sismographes sont de types pendulaires, c'est-à-dire constitués d'une masse rigide suspendue à un fil ou à un ressort selon que l'on souhaite enregistrer des secousses dont la composante majeure est horizontale ou verticale. Lorsqu'une secousse ébranle le support, et donc le cylindre enregistreur, la masse tend à rester immobile en vertu de son inertie.

Les sismographes courants permettent une amplification des mouvements du sol de l'ordre de 10 000 pour les oscillations de longue période

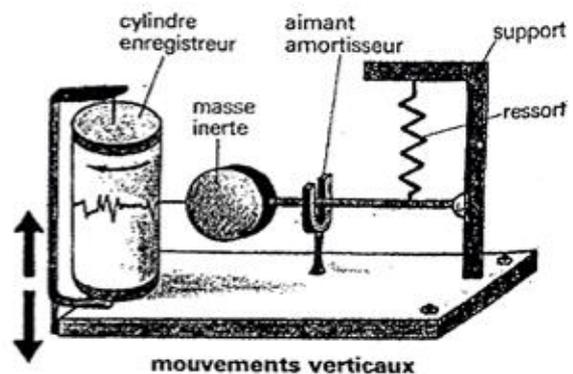
(20s) et de 400 000 pour les oscillations de courte période (0,2s)

Les mouvements du sol provoqués par l'arrivée d'ondes sismiques ne peuvent être connus, en grandeur et en direction, qu'à condition d'être rapportés à un système de trois coordonnées orthogonales. Il faut donc utiliser trois sismographes :

- un sismographe horizontal orienté nord-sud
- un sismographe horizontal orienté est-ouest
- un sismographe vertical.



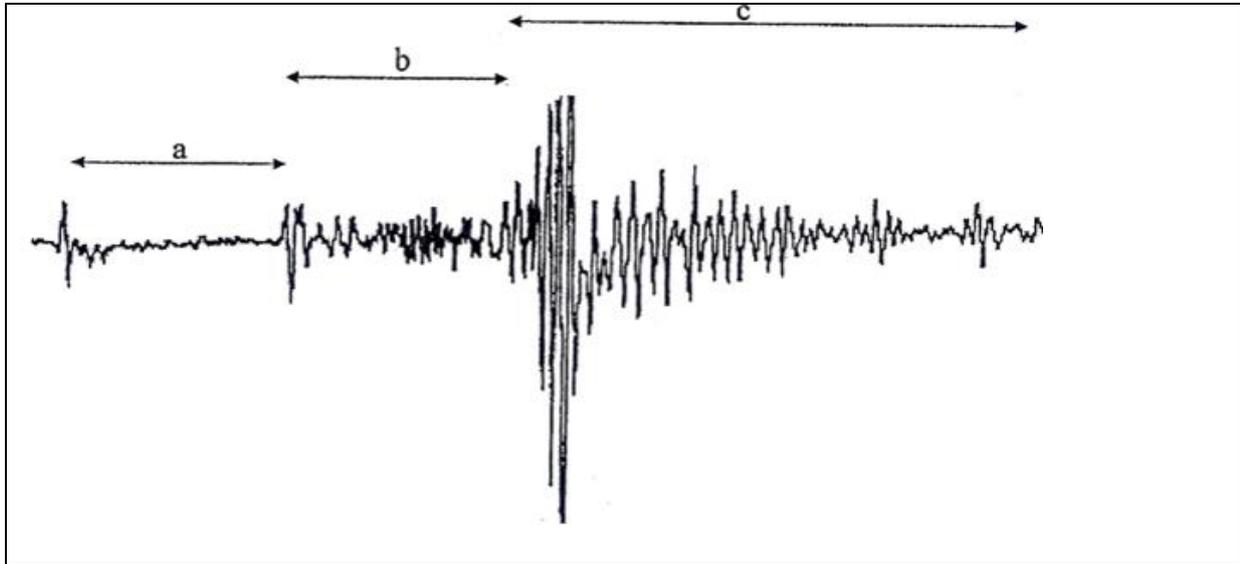
DOCUMENT 4



DOCUMENT 5

2 -Résultats

L'enregistrement observé est un sismogramme.



3-Analyse

Le sismogramme est une série d'oscillations d'amplitudes différentes.

Le sismogramme est constitué de 3 parties a, b et c.

La 1^{ère} partie a, est constituée d'oscillations de petites amplitudes. Ces oscillations représentent les premières ondes enregistrées après un séisme : ce sont des **ondes primaires ou ondes P**.

- La 2^{ème} partie b est constituée d'oscillations d'amplitude moyenne. Ces oscillations sont enregistrées secondairement d'où le nom d'onde secondaire ou **ondes S**.

La 3^{ème} partie c est constituée d'oscillations de grandes amplitudes. Ces oscillations représentent des ondes lentes qui apparaissent en dernière position : ce sont des **ondes L**.

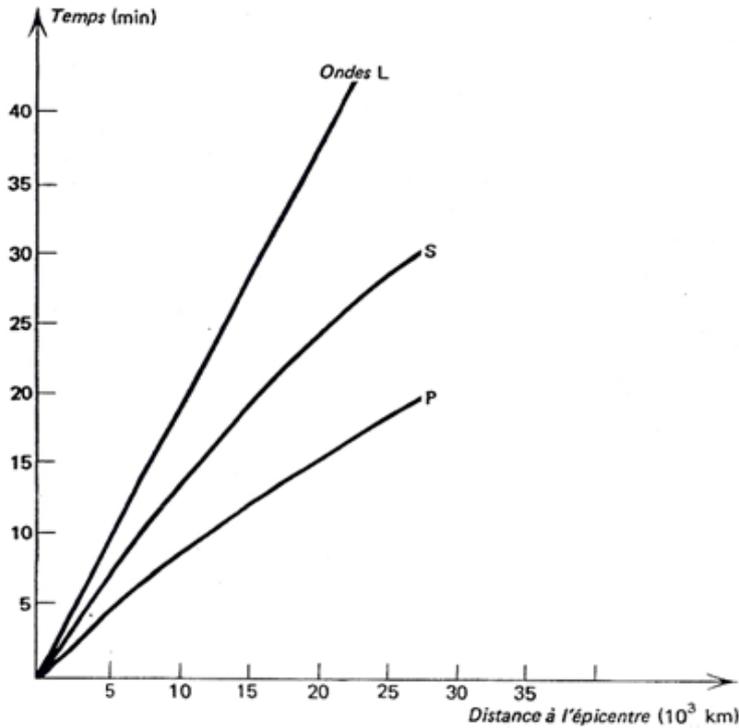
4- Conclusion

Les ondes P, les ondes S et les ondes L sont les principales ondes à l'origine des activités sismiques.

B- Caractéristiques des ondes sismiques

1-Observation

Observons un document montrant un hodographe.



2- Résultat

L'hodographe représente le temps de propagation des ondes P, S et L en fonction de la distance à l'épicentre.

3-Analyse

Pour une station située à 15 000 km de l'épicentre :

Les ondes P y arrivent en 12 minutes

Les ondes S y arrivent en 19 minutes

Les ondes L y arrivent en 28 minutes

Les ondes P sont les plus rapides, donc se propagent les premières. Ce sont des ondes longitudinales de compression et de décompression capable de se propager aussi bien dans les solides que dans les fluides, elles sont responsables du grondement sourd que l'on peut entendre au début d'un tremblement de terre.

Les ondes S sont des ondes transversales de cisaillement par rapport à la direction de propagation. Elles ne sont transmises que par les solides.

Onde P et onde S se propagent à l'intérieur du globe terrestre.

Les ondes L de grande résistance entraînent des mouvements très complexes de « torsion » du sol. Contrairement aux deux types précédents, ces ondes L se propagent dans les couches superficielles du globe : ce sont les ondes de surface.

Les ondes S et les ondes L sont les plus destructrices.

Le lieu où le séisme prend naissance (rupture brutale des roches) à l'intérieur de la Terre est appelé le **foyer ou hypocentre**.

La zone située à la surface du globe, à la verticale du foyer et où les effets d'un séisme sont les plus ressentis est appelée **l'épicentre**.

L'intensité ou quantité d'énergie dégagée au foyer d'un séisme est la magnitude, Elle est exprimée en échelle de Richter.

Plus la magnitude du séisme est élevée, plus le séisme est destructeur.

Le séisme est une rupture brutale des roches en profondeur soumises à des tensions, et qui occasionne la propagation des ondes.

4- Conclusion

Les ondes émises lors d'un séisme présentent des caractéristiques différentes.

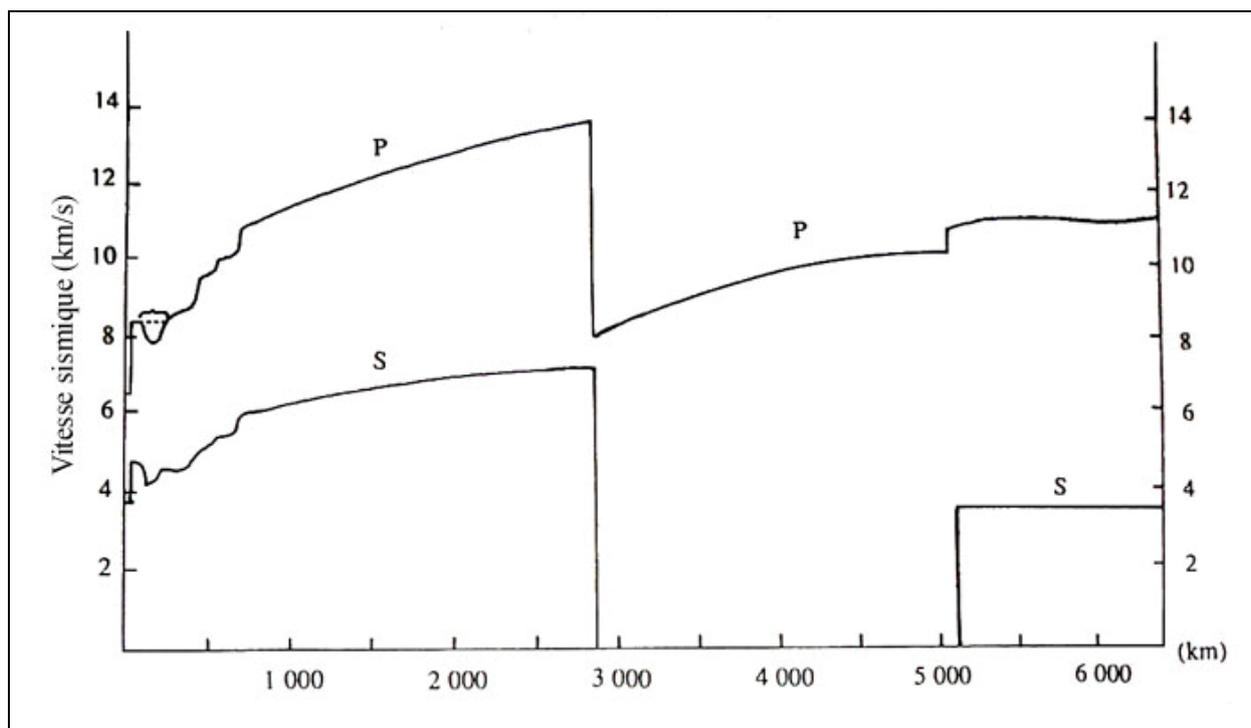
Conclusion partielle

Les mouvements internes de la terre se manifestent effectivement par l'émission des ondes sismiques.

III- Les mouvements internes de la terre se manifestent-ils en fonction de sa structure ?

1- Observation

Observons un document montrant le comportement des ondes dans les différentes couches de la Terre .



2-Résultats

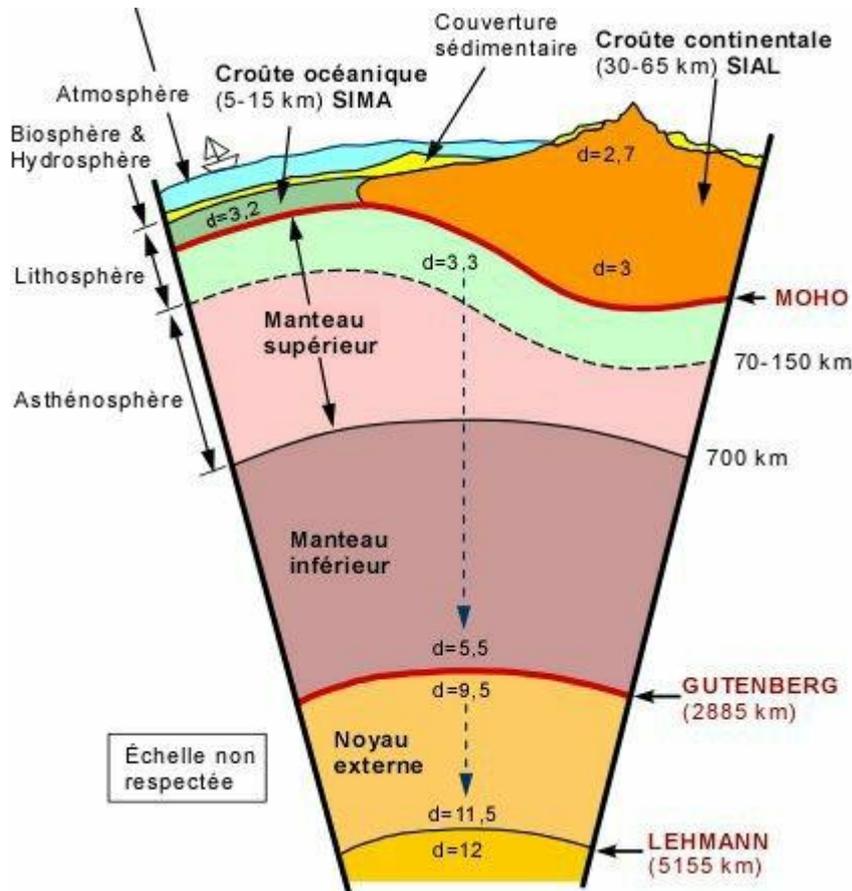
Les graphes décrivent la vitesse de propagation des ondes P et S en fonction de la profondeur de la terre.

3-Analyse

On observe trois « cassures » nettes dans l'évolution des ondes :

- au tout début de la courbe (entre 10 et 70 km de profondeur), on a une augmentation très rapide de la vitesse des deux ondes,
- à 2 900 km de profondeur, on a une grande chute de la vitesse, jusqu'à 0 pour les ondes S.
- à 5 400 km, on a une augmentation brutale de la vitesse des ondes.

4-Interprétation



Les cassures mettent en évidence **3 discontinuités** dans la structure de la Terre :

- **Le Moho** entre 10 et 70 km de profondeur,
- **la discontinuité de Gutenberg** à 2900 km,
- **la discontinuité de Lehmann** à 5400 km.

Une discontinuité est la limite entre deux couches terrestres de propriétés différentes.

Ces 3 discontinuités délimitent **4 couches concentriques** qui constituent le globe :

- **la croûte**,
- **le manteau**,
- **le noyau externe**
- **la graine.** (Noyau interne)

Les ondes S ne se propagent pas dans le noyau externe, parce que c'est un milieu liquide.

5- Conclusion

Les mouvements internes de la terre se manifestent effectivement en fonction de sa structure.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les principaux mouvements internes de la terre sont les séismes et les volcans. Les séismes provoquent l'émission des ondes qui se propagent en fonction de la structure des couches terrestres jusqu'à la surface ; ce qui provoque très souvent des déformations de la surface terrestre.

*

ACTIVITÉ D'APPLICATION

Exercice 1

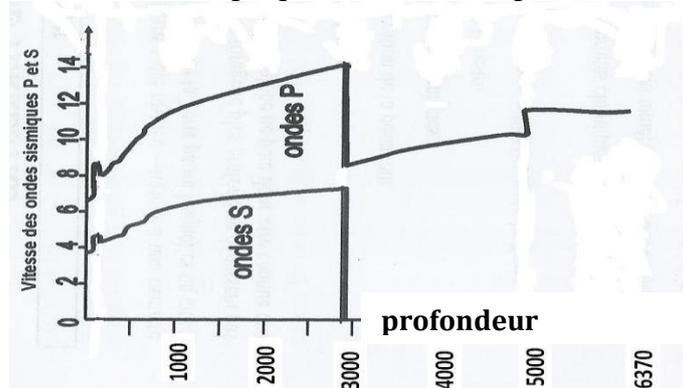
Les affirmations suivantes sont relatives à la propagation des ondes et leur conséquence.

1. La magnitude est la force d'un volcan.
2. Les ondes L sont lentes.
3. l'épicentre est la zone à la surface de la terre où l'intensité du séisme est plus élevée.
4. Les ondes P sont les plus destructrices.
5. L'hypocentre est le lieu d'où partent les ondes sismiques.

Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes en utilisant les chiffres:

SITUATION D'ÉVALUATION

Dans le cadre de ses recherches sur la structure interne du globe terrestre ton voisin de classe trouve le document ci-dessous dans ton livre des SVT. Il t'approche pour avoir plus d'informations sur les mouvements des plaques. Aide-le en répondant aux questions suivantes :



- 1 -Indique les profondeurs où la vitesse des ondes P et S chute brusquement.
- 2 -Explique les variations brusques de la vitesse des ondes P et S à ces profondeurs.
- 3 Faites un schéma de la structure interne du globe terrestre (se limiter à couches majeures).

EXERCICES

ACTIVITÉS D'APPLICATION

Exercice 1

Les phrases ci-dessous sont relatives aux conséquences du séisme et du volcanisme :

- 1- La fissuration du sol.
- 2- L'assèchement des cours d'eau.
- 3- L'effondrement des immeubles.
- 4- Le réchauffement du climat.
- 5- L'appauvrissement des sols cultivables.

Relève le ou les intrus

Exercice 2

Les affirmations ci-dessous sont relatives à la description des ondes sismiques

1. Elles sont les premières à s'inscrire sur le sismogramme et sont les plus rapides.
2. Ce sont des ondes de grandes résistances et représentent les derniers trains d'ondes.
3. Ce sont les ondes de compression-décompression capable de se propager aussi bien dans les solides que dans les fluides.
4. Elles sont responsables du grondement sourd que l'on peut entendre au début d'un tremblement de terre.
5. Ce sont des ondes les plus destructrices.
6. Elle est constituée par des ondes transversales par rapport à la direction de propagation des rais sismiques.
7. Elles ne sont transmises que par les solides car les liquides n'offrent aucune résistance aux cisaillements.
8. Ces ondes sont guidées par des couches superficielles du globe.

Associe chaque affirmation à l'onde qui convient.

Exercice 3

Les phrases ci-dessous sont relatives à la structure de la terre.

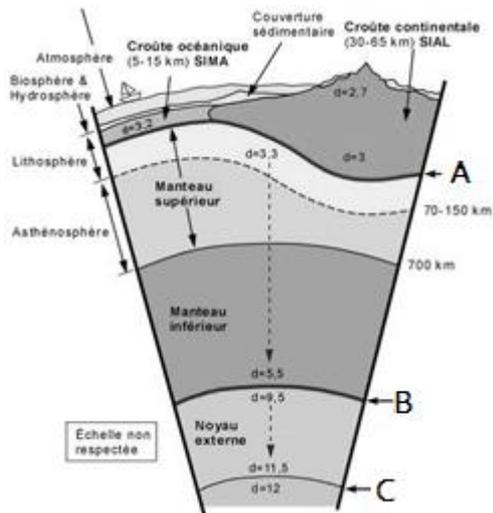
- 1- La terre est constituée de couches concentriques de propriétés différentes.
- 2- Les principales discontinuités sont le moho et la discontinuité de Lehmann.
- 3- La couche la plus interne de la terre est le manteau.
- 4- La discontinuité de Lehmann sépare le manteau du noyau.
- 5- Les principales couches de la terre sont le noyau, le manteau et la croute.
- 6- La partie interne du noyau est liquide.
- 7- Le rayon de la terre est d'environ 6370 km.
- 8- La lithosphère est moins rigide que l'asthénosphère.
- 9- La discontinuité de Gutenberg se situe à environ 3485 km du centre la Terre.
- 10- Les ondes S se propagent sans discontinuité dans le noyau.

Notez vrai ou faux pour chaque phrase en utilisant les chiffres.

SITUATIONS D'ÉVALUATION

Exercice 1

Dans le cadre des activités du club SVT du Lycée Moderne de Toumodi, les élèves de la Première D effectuent une visite guidée à la station expérimentale de Lamto sous la conduite de leur professeur. Ils découvrent les appareils qui enregistrent toutes les vibrations que le technicien nomme les ondes. Il dit par ailleurs que ces ondes permettent de déterminer la structure de la terre. Afin de mieux expliquer cette information donnée par le technicien, on te présente le schéma ci-dessous :



1. Cite les ondes obtenues à la suite des mouvements internes de la terre.
2. Annote le schéma en utilisant les lettres A, B et C.
3. Nomme les structures de la terre qui sont mises en évidence par les ondes.
4. Donne trois (3) conséquences de la propagation de ces ondes dans la croûte terrestre.

Exercice 2

Au cours de la préparation d'un devoir portant sur les activités internes du globe terrestre, tes camarades de classe découvrent les informations dans un manuel, les informations ci-dessous :

Dans un séisme trois types d'ondes se propagent :

- a- Ondes P ou ondes de compression
- b- Ondes S ou ondes de cisaillement
- c- Ondes L ou ondes longues

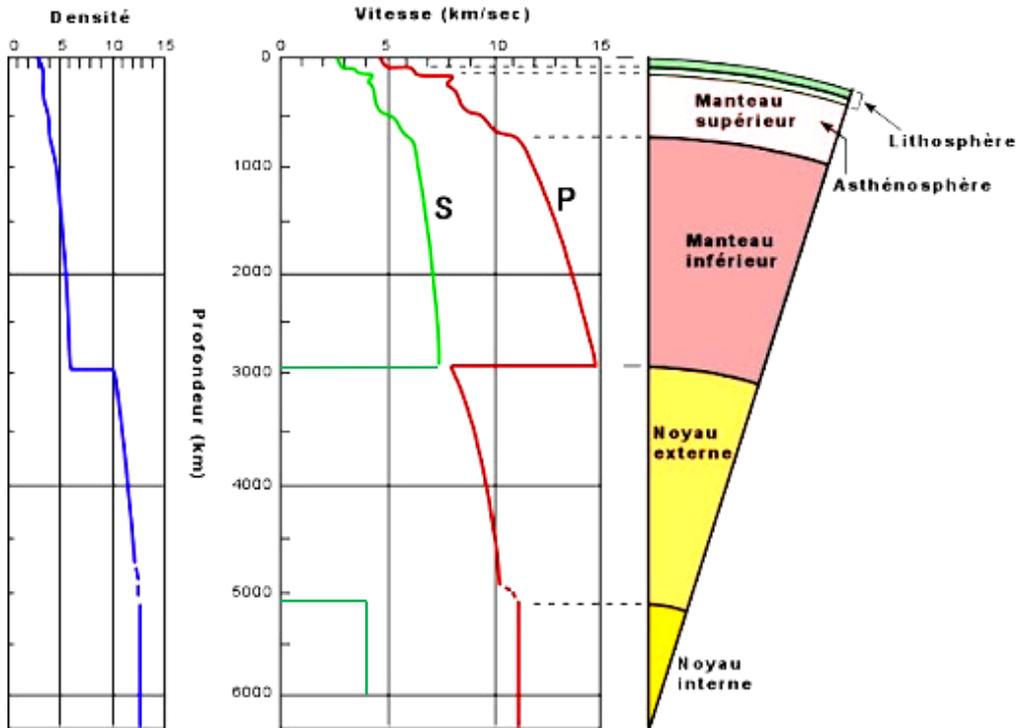
Les ondes P, S et L parcourent les distances suivantes :

Ondes P	Ondes S	Ondes L
720 Km en 2 minutes	420 Km en 2 minutes	420 Km en 2 minutes
4500 Km en 8 minutes	2000 Km en 8 minutes	1700Km en 8 minutes
6500Km en 10 minutes	4500Km en 13 minutes	3000Km en 13 minutes
10000Km en 13minutes	7500Km en 20 minutes	4100Km en 20 minutes
15000Km en 16 minutes	15000Km en 30minutes	8200Km en 40 minutes

Ayant des difficultés à comprendre ces informations, ils te sollicitent.

- 1- Construis les hodographes des ondes P, S et L
 Echelle : 1 cm \longrightarrow 1000Km
 1 cm \longrightarrow 2 minutes
- 2- Analyse les hodographes.
- 3- Calcule la vitesse de l'onde L.
- 4- Détermine le retard des ondes S sur les ondes P pour un séisme dont l'épicentre se trouverait à 5000 ; 6500 ; 10000 et 15000 Km à l'aide des hodographes.

DOCUMENTATION



GRAPHES PRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DE LA VITESSE DES ONDES P ET S À L'INTÉRIEUR DU GLOBE TERRESTRE EN FONCTION DU DE LA PROFONDEUR

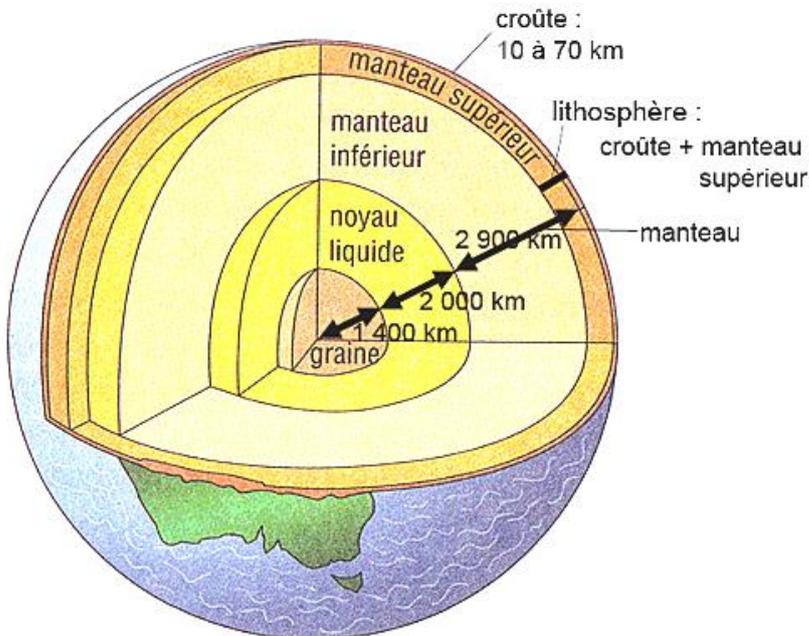


SCHÉMA DE LA STRUCTURE INTERNE DU GLOBE TERRESTRE

Tableau 2

Deux échelles de mesure de l'intensité des séismes. a- L'échelle de Mercalli évalue l'intensité des séismes en se fondant sur les déclarations des témoins, sur l'inventaire des dégâts causés aux constructions humaines et sur l'ampleur des effets sur le terrain. b- L'échelle de Richter mesure la magnitude des séismes en fonction de l'énergie libérée. Celle-ci est calculée à partir de l'amplitude des ondes sismiques recueillis par les sismographes.

a-ECHELE DE MERCALLI

L'Échelle de Mercalli comporte 12 degrés qui sont définis de la manière suivante :

1^{er} degré : secousse non ressentie par l'homme ; seulement inscrit par les appareils enregistreurs des stations les plus proches.

2^e degré : secousse ressentie par quelques personnes isolées, surtout aux étages supérieurs des maisons.

3^e degré : secousse suffisamment forte pour être ressentie par un certain nombre de personne et pour que la durée et la direction du phénomène soient appréciées.

4^e degré : ébranlement constaté par quelques personnes en plein air et par beaucoup à l'intérieur des maisons; les oscillations de certains objets sont perceptibles et quelques dormeurs s'éveillent.

5^e degré : secousse ressentie par l'ensemble de la population, les objets suspendus entrent en oscillation.

6^e degré : tintement général des sonnettes; réveil générale des dormeurs; secousse provoquant la panique; les objets lourds sont déplacés, des plâtres tombent des plafonds.

7^e degré : des lézards se produisent dans les bâtiments ; les cheminés tombent ; les cloches des églises tintent ; le niveau de l'eau change dans les puits ; c'est l'épouvante générale mais les édifices bien construits ne sont pas endommagés.

8^e degré : statues tournent sur leur piédestal ou tombent ; en pays montagneux des rochers tombent des sommets.

9^e degré : des dommages sont causées à toutes les habitations ; quelques-unes sont rendues inhabitables.

10^e degré : la plupart des bâtiments en pierre sont détruits ; des fissures se produisent dans les terrains meubles ; l'eau des lacs et des rivières sont projetées sur les berges.

11^e degré : tous les bâtiments en pierres sont détruits, de même que les ponts, les rails de chemin de fer sont tordus, les digues disjointes, de grands éboulements peuvent se produire.

12^e degré : rien ne demeure des œuvres humaines. la topographie est totalement modifiée par formation de failles; des montagnes s'effondrent, des cours d'eau sont détournés

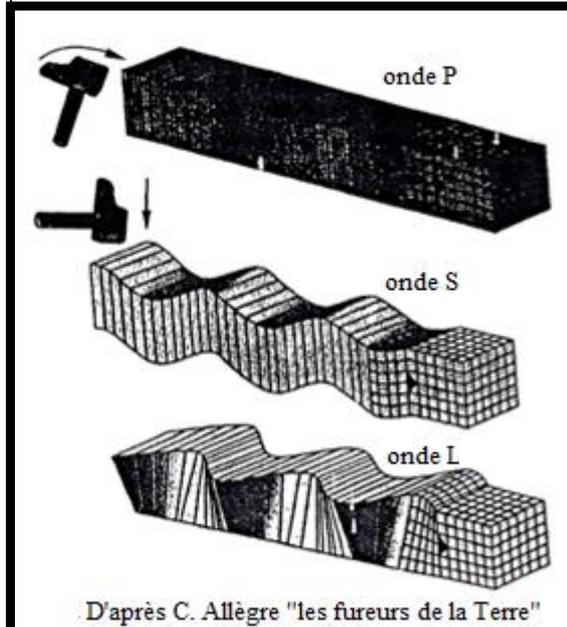
L'échelle internationale de Mercalli est souvent remplacée par celle de Medvedev, Karnik et Sponheur (échelle MKS) qui est plus détaillée mais ne compte que 10 degrés. L'échelle MKS prend en considération les types de construction. Les proportions des bâtiments endommagés et la nature des dégâts.

b-ECHELLE DE RICHTER

Établie à l'origine pour les séismes californiens, la notion de magnitude a ensuite été étendue à toutes les régions munies d'un séismographe de types adéquat. L'échelle de magnitude établie par Richter comprend 9 degrés ; la correspondance avec l'échelle de Mercalli est donnée par le tableau suivant :

Echelle de Richter	2	3	4	5	6	7	8	9
Echelle de Mercalli	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12

Une source de magnitude 3 est généralement ressentie faiblement au voisinage de l'épicentre ; celle de magnitude 5 peut causer des dégâts légers. Les plus grands séismes ont une magnitude comprise entre 7 et 8,50. Celui d'El Asnam (Algérie 1980) avait une magnitude de 7,2. L'importance des dégâts du séisme de Lisbonne (1955) permet de lui attribuer rétrospectivement une magnitude de degré 9 qui n'a jamais été atteinte depuis la mise en service des séismographes moderne. A titre de comparaison, la magnitude d'une bombe A (20 000 tonne de TNT) est voisine de 6; l'énergie mise en jeu est de l'ordre 10^{11} ergs, soit l'équivalent du séisme du Frioul (Italie, mai 1976). Une bombe H de 50 mégatonnes correspond à une magnitude supérieure à 8 qui fut attribuée au



D'après C. Allègre "les fureurs de la Terre"

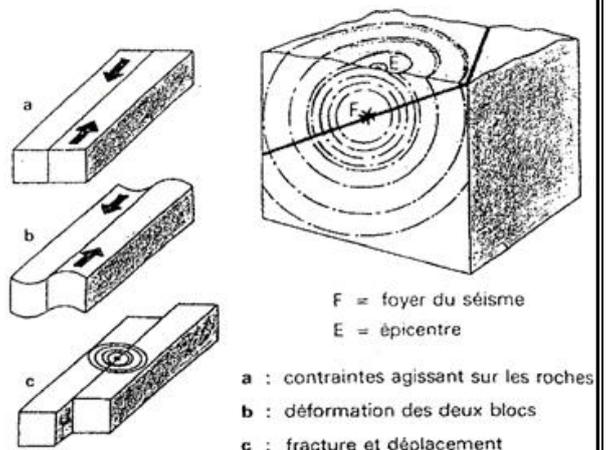
- Les ondes les plus rapides (les premières à s'inscrire sur le sismogramme) sont appelées ondes primaires ou ondes P. ce sont les ondes de compression-décompression capable de se propager aussi bien dans les solides que dans les fluides y compris dans l'atmosphère (elles sont responsables du grondement sourd que l'on peut entendre au début d'un tremblement de terre).
 - Le deuxième groupe d'ondes, appelées ondes secondaires ou ondes S, est constitué par des ondes transversales par rapport à la direction de propagation des rais sismiques. Elles ne sont transmises que par les solides car les liquides n'offrent aucune résistance aux cisaillements.
- Onde P et onde S se propagent à l'intérieur du globe terrestre.
- Les ondes L de grande résistance représentent les derniers trains d'ondes ; elles correspondent à des mouvements très complexes de « torsion » du sol. Contrairement aux deux types précédents, ces ondes L sont guidées par des couches superficielles du globe.

Les ondes S et les ondes L sont les plus destructrices.

L'ORIGINE D'UN SEISME

L'origine des séismes est presque toujours la même : une brusque rupture des roches en un point appelé foyer qui le plus souvent, se situe dans les 100 premiers kilomètres de la couche externe de la Terre. Cette rupture se produit au niveau d'une faille, dans une zone où l'écorce terrestre est soumise à des contraintes tectoniques (déplacement lent de deux blocs rigides l'un par rapport à l'autre).

Des forces s'y accumulent, lentement les roches se déforment comme une règle en plastique que l'on tord entre les mains. Lorsque la règle casse l'énergie est libérée brutalement : les parois de la faille sont mises en mouvement et frottent l'une contre l'autre de telle sorte qu'il y a dissipation de l'énergie d'une part sous forme de chaleur obtenue par frottement, et d'autre part sous forme de vibrations, les ondes sismiques se propagent dans toutes les directions à partir du foyer.



D'après "Histoire de la Terre, notre planète". SGF.

