

# CORRIGE

ACT DOC 3 : LES ONDES SISMIQUES Bordas p34-35

## Propagation des ondes sismiques

a) Dans quelle(s) direction(s) se propagent les ondes sismiques à partir du foyer ?

Quand la Terre tremble, les vibrations se propagent à partir du foyer (lieu d'origine de la rupture des roches en profondeur) dans toutes les directions.

b) Citer les différents types d'ondes sismiques. Lesquelles sont émises au foyer ?

Différents types d'onde sismiques (fig 2):

Ondes P	}	Ondes de volume qui se propagent à l'intérieur de globe
Ondes S		
Ondes P et S réfléchies		
Ondes P et S réfractées		
Ondes R (de Rayleigh)	}	Ondes de surface qui se propagent parallèlement à la surface du globe
Ondes L (de Love)		

Seuls les ondes de volume (P et S) sont émises initialement au foyer

c) Comparer la direction de propagation des ondes P et S à celle des déformations provoquées.

Ondes P : la direction de la propagation est parallèle à la direction de la déformation (onde longitudinale)

Ondes S : la direction de la propagation est perpendiculaire à la direction de la déformation (onde transversale)

d) Associer à chacune d'elles le type d'onde correspondant :

Onde P : onde mécanique de compression-dilatation ;

Onde S : onde mécanique de cisaillement.

e) Commenter l'évolution de la vitesse des ondes P et S dans le manteau du globe terrestre. Comparer la valeur de leur vitesse.

La vitesse de propagation des ondes P et S dans le manteau du globe terrestre (profondeur inférieure à 2900 km) augmente avec la profondeur. (fig3)

Les ondes P se propagent plus rapidement que les ondes S.

Elle atteint 15km/s pour les ondes P à 3000 km de profondeur contre 7 km/s pour les ondes S.

f) Comment expliquer que la vitesse des ondes S s'annule à une profondeur de 2 900 km ?

A une profondeur de 2900 km, la vitesse des ondes P chute brusquement, ce qui correspond au passage du manteau au noyau. Si la vitesse des ondes S s'annule, c'est que le noyau externe se comporte comme un liquide, or les ondes S ne se propagent que dans les solides.

g) Sachant que les ondes mécaniques suivent les mêmes lois de propagation que la lumière, expliquer, à l'aide des figures 3 et 4, pourquoi à l'intérieur du globe les ondes :

g)1. Ne se propagent pas en ligne droite ;

Les ondes mécaniques suivent les mêmes lois de propagation que les ondes électromagnétiques, donc :

Les ondes ne se propagent en ligne droite que dans un milieu homogène.

La vitesse de propagation varie avec la profondeur car la composition du globe change avec la profondeur : le milieu est hétérogène. Les ondes S et P ont donc des trajets non rectilignes.

g)2. Sont réfléchies et réfractées.

Lorsque l'on passe du manteau dans le noyau externe, la vitesse de propagation chute brusquement donc l'onde passe d'un milieu à un milieu de propagation très différent. En conséquence, lorsque les ondes S et P arrivent à la surface de séparation entre deux couches elles subissent des phénomènes de réflexion et de réfraction.

### Exploitation d'un sismogramme

h) Donner l'ordre d'arrivée des ondes P et S sur un sismogramme.

Les ondes P se propageant ~3 fois plus vite que les ondes S (fig3) arrivent en premier sur le sismographe d'où leur nom P pour Premières et S pour Secondes.

Rq : concordance avec les paroles du géophysicien lors du séisme de Sendai.

Aux ondes P qui soulèvent ou affaissent le sol (doc 2) correspond l'enregistrement de vibrations verticales (trace rouge fig 1) : arrivées à 6h00 à Canberra.

Aux ondes S qui nous secouent horizontalement (doc 2) correspond l'enregistrement de vibrations horizontales (trace bleue fig 1) : arrivées à 6h09 à Canberra.

h)1. Déterminer leur décalage temporel  $\Delta t$  à Canberra.  $\Delta t = 9 \text{ mn}$

h)2. Serait-il le même dans une autre station sismique ? **NON**, plus le sismographe est éloigné de l'épicentre, plus la distance à parcourir est importante et plus l'onde de cisaillement S qui se propage moins vite arrivera en retard par rapport à l'onde P.

i) Montrer que si les ondes S et P se propageaient avec des vitesses constantes  $v_s$  et  $v_p$ , la distance  $d$  entre le

foyer du séisme et Canberra vérifierait :  $\Delta t = d \cdot \left( \frac{1}{v_s} - \frac{1}{v_p} \right)$

Si les ondes S et P se propageaient avec des vitesses constantes  $v_s$  et  $v_p$ , leur trajet serait rectiligne et la distance  $d$  entre le foyer du séisme et Canberra vérifierait :

$$d = v_p \times (t_p - t_0) \text{ pour les ondes P et}$$

$$d = v_s \times (t_s - t_0) \text{ pour les ondes S}$$

avec  $t_0$  date du début de séisme au foyer,  $t_p$  et  $t_s$  dates d'arrivée des ondes P et S à Canberra.

$$\text{On en déduit pour le décalage temporel } \Delta t = t_s - t_p = d \cdot \left( \frac{1}{v_s} - \frac{1}{v_p} \right)$$

j) Sur quelle trace de la figure 1 les ondes P sont-elles le mieux détectées ? Sont-elles observées sur les deux autres ?

Les ondes P sont mieux détectées dans la direction verticale (plus grande amplitude du signal sur la trace rouge) mais elles sont aussi observables dans le plan horizontal (signaux de plus faible amplitude sur les autres traces bleue et verte).

En effet, les ondes P sont des ondes de compression-dilatation donc les déformations engendrées sont dans la direction de la propagation. Cependant cette direction n'est pas forcément verticale (fig 4), les ondes se propageant dans toutes les directions à partir du foyer. Les vibrations du sol ont par conséquent une composante verticale, mais aussi des composantes horizontales.

k) Calculer l'énergie  $\Delta E$  émise lors du séisme de Sendai.

La magnitude du séisme  $M = 8,9$  correspond à une énergie libérée au foyer  $\Delta E$  tq

$$\log \Delta E = 1,5M + 4,32 = 17,67$$

$$\text{Soit } \Delta E_{\text{réelle}} = 10^{17,67} = 4,7 \cdot 10^{17} \text{ J}$$

*Rq : L'énergie consommée en France en 2010 est  $E_{\text{France}} = 6,5 \cdot 10^{18} \text{ J}$  donc l'énergie libérée à Sendai représente 7% de l'énergie consommée en France en 2010.*

l) Vérifier qu'une magnitude de 8,9 au lieu de 7,8 correspond à une énergie libérée plus de 30 fois supérieure.

La magnitude estimée du séisme  $M = 7,8$  correspond à une énergie libérée  $\Delta E$  tq  $\log \Delta E = 1,5M + 4,32 = 16,02$  soit  $\Delta E_{\text{estimée}} = 10^{16,02} = 1,0 \cdot 10^{16} \text{ J}$

$$\text{donc } \Delta E_{\text{réelle}} / \Delta E_{\text{estimée}} = 4,7 \cdot 10^{17} / 1,0 \cdot 10^{16} = 47$$

soit une énergie libérée 47 fois supérieure à l'énergie estimée.