ACTIVITÉ 3

Les messages des ondes sismiques p. 34

1. a. Les ondes sismiques se propagent à partir du foyer (lieu d'origine de la rupture des roches en profondeur) dans toutes les directions.
- b. On distingue les ondes sismiques de volume (P et S) qui se propagent à l'intérieur du globe et les ondes de surface (Rayleigh et Love) qui se propagent parallèlement à sa surface. Seules les ondes de volume sont émises au foyer.
2. a. Les directions de propagation et de déformation sont perpendiculaires pour des ondes S (ondes de cisaillement) et colinéaires pour les ondes P (ondes de compression-dilatation).
- b. Ondes mécaniques de compression-dilatation : ondes P.
Ondes mécaniques de cisaillement : les ondes S.
3. a. La vitesse des ondes de volume dans le manteau du globe terrestre (profondeur inférieure à 2 900 km) augmente avec la profondeur, les ondes P se propageant plus rapidement que les ondes S.
- b. A une profondeur de 2 900 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, ces ondes ne se propagent que dans les solides.
4. Les ondes mécaniques suivent les mêmes lois de propagation que les ondes électromagnétiques, donc :
 - a. les ondes ne se propagent en ligne droite que dans un milieu homogène, comme la composition du globe change avec la profondeur, les ondes S et P ont des trajets non rectilignes ;
 - b. lorsque les ondes S et P arrivent à la surface de séparation entre deux couches (milieux de propagation très différents comme le manteau et le noyau), elles subissent des phénomènes de réflexion et de réfraction.
5. a. Les ondes P sont plus rapides que les ondes S (question 3. a.), elles arrivent donc avant les ondes S, d'où leur nom P pour premières, et S pour secondes.

Remarque : concordance avec le témoignage du géophysicien lors du séisme de Sendai.

D'après le sismogramme (fig. 1), à Canberra, le décalage temporel entre les ondes P et S est $\Delta t = 10$ min.

Ce décalage est d'autant plus grand que le sismogramme a été enregistré dans une station plus éloignée du foyer du séisme.

b. Si les ondes S et P se propageaient avec des vitesses constantes v_S et v_P , leur trajet serait rectiligne (voir question 4. a.) et la distance d entre le foyer du séisme et Canberra vérifierait

$d = v_P \cdot (t_P - t_0)$ pour les ondes P et $d = v_S \cdot (t_S - t_0)$ pour les ondes S avec t_0 date du début du séisme au foyer, t_P et t_S dates d'arrivée des ondes P et S à Canberra.

On en déduit que $\Delta t = t_S - t_P = d \cdot (1/v_S - 1/v_P)$.

6. A Canberra, d'après la figure 1, les ondes P sont mieux détectées (plus grande amplitude du signal) dans la direction verticale, mais elles sont aussi observables sur les deux autres traces, c'est-à-dire dans le plan horizontal avec des signaux de plus faible amplitude. En effet, les ondes P sont des ondes de compression-dilatation, donc les déformations engendrées sont dans la direction de 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.

7. a. Au foyer, l'énergie (en joule) libérée sous forme d'ondes sismiques vérifie :

$$\log E = 1,5 M + 4,32 \text{ avec } M = 8,9,$$

$$\text{donc } \log E = (1,5 \times 8,9) + 4,32, \text{ soit } E = 4,7 \times 10^{17} \text{ J.}$$

L'énergie consommée en France en 2010 est :

$E_F = 6,5 \times 10^{18} \text{ J}$, donc l'énergie sismique libérée à Sendai représente 7 % de l'énergie consommée en France en 2010

$$(E/E_F = 4,7 \times 10^{17} / (6,5 \times 10^{18}) = 7,2 \times 10^{-2}).$$

b. L'énergie libérée E_ϕ pour une magnitude $M_\phi = 7,8$ vérifie $\log E_\phi = (1,5 \times 7,8) + 4,32$,

$$\text{soit } E_\phi = 1,0 \times 10^{16} \text{ J.}$$

$$\text{Donc } E/E_\phi = 4,7 \times 10^{17} / (1,0 \times 10^{16}) = 47 > 30.$$

8. a. L'analyse des sismogrammes permet d'accéder à de nombreuses informations comme la magnitude d'un séisme et sa localisation, mais aussi le trajet parcouru par les différents types d'ondes, la nature des terrains traversés...

b. La localisation et l'évaluation de la magnitude d'un séisme sont complexes, car le milieu de propagation des ondes n'est pas homogène, et par conséquent, la vitesse de propagation des ondes n'est pas constante, le trajet des ondes n'est pas rectiligne et en un lieu donne le sol tremble à cause des ondes de volume P et S, des ondes de surface (Love et Rayleigh), mais aussi des ondes résultant de phénomènes de réflexion et de réfraction.

Remarque : outre les secousses sismiques, les sismomètres enregistrent aussi les bruits de fond naturels des vents ou des vagues et les bruits des activités humaines.

c. La magnitude est une échelle logarithmique qui permet la comparaison des séismes avec des valeurs simples. L'échelle des énergies mises en jeu est beaucoup trop étendue.