

Ondes mécaniques progressives : EXERCICE

Comment les ondes sismiques se propagent-elles?

Quand la Terre tremble, les vibrations se propagent dans toutes les directions à partir du foyer du tremblement de terre situé dans les profondeurs de la couche terrestre. Les vibrations sont initialement de deux types : celles qui compriment et détendent alternativement les roches, à la manière d'un accordéon, et celles plus destructrices qui les cisailent. Les premières, les plus rapides (appelées ondes P), voyagent dans la croûte à une vitesse de 6 km/s environ, mais peuvent être ralenties dans les roches peu consolidées. Les secondes (appelées ondes S) sont, à cause des propriétés élastiques des roches, systématiquement deux fois plus lentes mais environ cinq fois plus fortes que les premières.

Ainsi, lors d'un séisme lointain, ayant ressenti l'onde P, on peut anticiper l'arrivée des ondes S.

Peut-on les distinguer quand un séisme a lieu sous nos pieds?

Oui : les ondes P vibrent dans leur direction de propagation, elles soulèvent ou affaissent le sol, tandis que les ondes S vibrent perpendiculairement et nous secouent horizontalement.

Heureusement, lors de leur voyage à travers le sous-sol, les ondes perdent de leur énergie. En s'éloignant du foyer, elles s'amortissent et leurs effets s'atténuent. Voilà pourquoi les séismes superficiels, trop proches pour être affaiblis, sont les plus destructeurs.

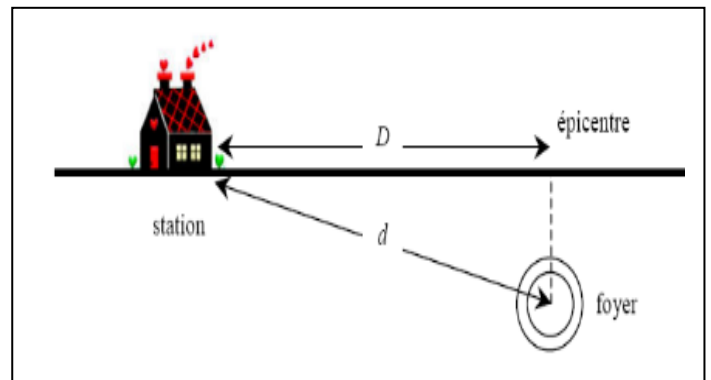
1. Les ondes sismiques peuvent être, selon les cas, qualifiées par les termes suivants :

ondes longitudinales, ondes de cisaillement, ondes transversales, ondes de compression.

Sans justifier, caractériser chaque type d'onde (P et S) par deux termes de la liste ci-dessus.

2. Une onde sismique commence à se propager à partir du foyer à la date $t = 0$. Une station enregistreuse est située à une distance D de l'épicentre et à une distance d du foyer. On note v_p la célérité de l'onde P et v_s la célérité de l'onde S dans la croûte terrestre.

Donner les expressions littérales de t_p et t_s , dates d'arrivée respectivement des ondes P et S à la station enregistreuse.



3. Les vitesses v_p et v_s obéissent à la relation :

$$\left(\frac{1}{v_s} - \frac{1}{v_p} \right) = \frac{1}{x}$$

avec $x = 8,00 \text{ km.s}^{-1}$.

a)- Etablir l'expression de la distance d en fonction de t_p et t_s .

b)- Un capteur de la station mesure l'intervalle de temps séparant l'arrivée des deux ondes à la station: $\Delta t = 25,0 \text{ s}$. En déduire la valeur de la distance d de la station au foyer du séisme.

4. On appelle foyer superficiel un foyer très proche de la surface terrestre. Dans ce cas, on peut considérer que $d = D$.

Une des méthodes utilisées pour localiser l'épicentre du séisme dans ce cas est la méthode dite des trois cercles : trois stations S_1 , S_2 et S_3 mesurent la distance à laquelle elles se trouvent du foyer d'un séisme. On note des distances respectivement d_1 , d_2 et d_3 .

On suppose que le milieu est isotrope, c'est à dire que les ondes se propagent à la même vitesse dans toutes les directions.

A l'aide d'un schéma, expliquer le principe de la méthode dite « des trois cercles ».

CORRECTION :

1. Sans justifier, caractériser chaque type d'onde (P et S) par deux termes de la liste ci-dessus.

P : ondes longitudinales de compression.

S : ondes transversales de cisaillement.

2. Donner les expressions littérales de t_p et t_s , dates d'arrivée respectivement des ondes P et S à la station enregistreuse.

Les ondes P se propagent du foyer à la station enregistreuse pendant la durée t_p telle que :

$$d = v_p \cdot t_p \Rightarrow t_p = \frac{d}{v_p} \quad \text{De même :} \quad t_s = \frac{d}{v_s}$$

3. On ne peut pas connaître précisément v_p et v_s . Cependant, on sait qu'elles obéissent à la relation :

$$\left(\frac{1}{v_s} - \frac{1}{v_p} \right) = \frac{1}{x}$$

a) Etablir l'expression de la distance d en fonction de t_p et t_s .

$$v_p = \frac{d}{t_p} \quad \text{et} \quad v_s = \frac{d}{t_s} \Rightarrow \left(\frac{t_s}{d} - \frac{t_p}{d} \right) = \frac{1}{x} \quad \text{et} \quad \frac{t_s - t_p}{d} = \frac{1}{x} \Rightarrow d = x \cdot (t_s - t_p)$$

b) Un capteur de la station mesure l'intervalle de temps séparant l'arrivée des deux ondes à la station : $\Delta t = 25,0$ s. En déduire la valeur de la distance d de la station au foyer du séisme ($x = 8,00 \text{ km.s}^{-1}$)

$$\Delta t = t_s - t_p \Rightarrow d = x \cdot \Delta t \quad \text{soit :} \quad d = 8,00 \times 25,0 = 200 \text{ km}$$

4. A l'aide d'un schéma, expliquer le principe de la méthode dite « des trois cercles ».

A partir de la position de la station 1, on trace un cercle dont le rayon d_1 correspond à peu près à la distance épicentrale D_1 . On fait de même pour les stations 2 et 3. Le point d'intersection des 3 cercles donne la position de l'épicentre.

