

Exercice : 1

Le 23 février 2004, un séisme de magnitude 5,1 selon le Réseau National de Surveillance Sismique s'est produit à Roulans (dans le département du Doubs), à 20 km au nord-est de Besançon. Ce séisme a été ressenti très largement en dehors du Doubs dans tout l'est de la France, en Suisse et dans le nord-ouest de l'Allemagne, sans faire de victimes ni de dégâts significatifs. Lors d'un séisme, des ondes traversent la Terre. Elles se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismomètres. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont modifiées par les structures géologiques traversées. C'est pourquoi les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure. Parmi les ondes sismiques, on distingue :

- les ondes P ou ondes primaires, qui sont des ondes de compression ou ondes longitudinales ; leur célérité v_p vaut en moyenne $v_p = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$.
- les ondes S ou ondes secondaires, appelées également ondes de cisaillement ou ondes transversales ; leur célérité v_s vaut en moyenne $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$.

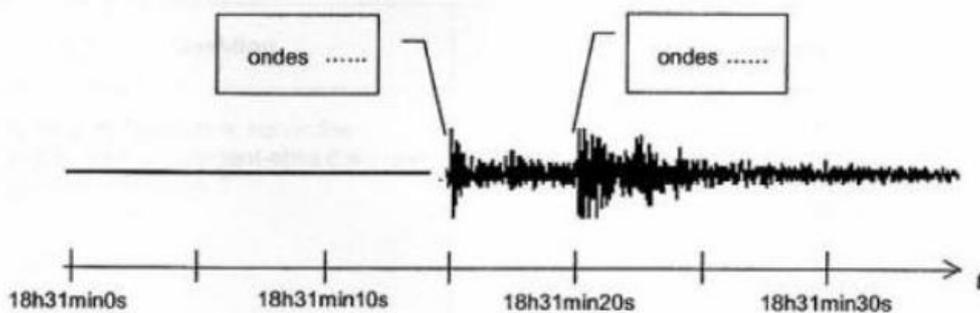


Fig.1 Extrait de sismogramme relevé après le séisme du 23 février de Roulans (France)

1) Questions de compréhension :

- 1.1 A partir de l'épicentre, les ondes sismiques se propagent-elles dans une direction privilégiée ?
- 1.2 Les ondes sismiques se propagent-elles avec transport de matière ?
- 1.3 À propos des ondes P, le texte évoque des ondes longitudinales. Définir une onde longitudinale ?
- 1.4 Exprimer et calculer numériquement la longueur d'onde L d'une onde P de période $T = 0,2s$. On vérifiera les unités de l'expression conforme ?
- 1.5 Pourquoi le texte donne-t-il les valeurs moyennes pour les célérités des ondes sismiques ?

2) Étude d'un sismogramme :

L'écart entre les dates d'arrivée des ondes P et S renseigne, connaissant la célérité des ondes, sur l'éloignement du lieu où le séisme s'est produit. La *figure 1* présente un extrait de sismogramme relevé dans une station d'enregistrement après le séisme du 23 février de Roulans. On notera t_0 la date correspondant au début du séisme, date à laquelle les ondes P et S sont générées simultanément.

- 2.1. Faire correspondre à chaque signal observé sur le sismographe, le type d'ondes détectées (ondes S ou ondes P). Justifier ?
- 2.2. Relever sur ce document les dates d'arrivée des ondes S et P à la station d'enregistrement notées respectivement t_s et t_p ?

2.3. Soit (d) la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit. Exprimer la célérité notée v_S des ondes S en fonction de la distance (d) parcourue et des dates t_S et t_0 ? Faire de même pour les ondes P avec les dates t_P et t_0 ?

2.4. Retrouver l'expression de la distance d en fonction de v_S , v_P , t_S et t_P ?

$$d = \frac{v_S \cdot v_P}{v_P - v_S} (t_S - t_P)$$

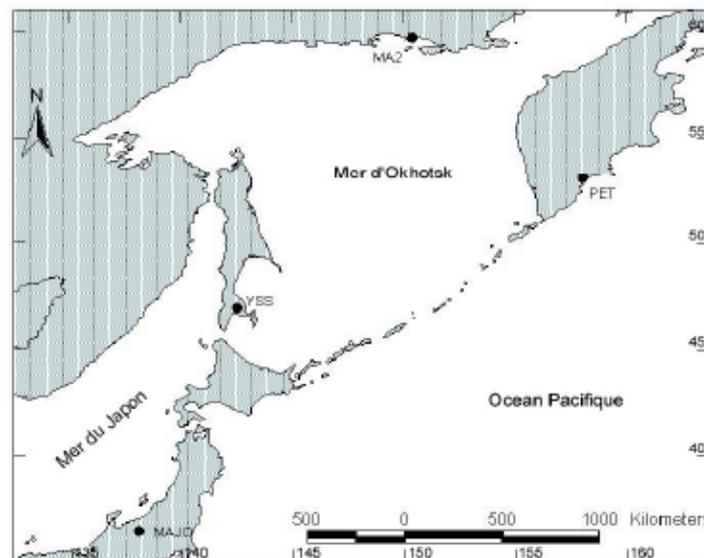
2.5. En déduire la valeur numérique de cette distance d ?

3) Méthode de détermination de l'épicentre :

Un autre séisme s'est produit le 20 janvier 2003 dans la région Nord-Ouest Pacifique. Les ondes sismiques engendrées lors de cet événement ont été enregistrées par différentes stations sismiques. Leurs heures d'arrivées sont reportées dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Heure d'arrivée des ondes (temps universel UTC), enregistrée par différentes stations sismiques.

Code de la station	Heure d'arrivée UTC (heure : minute : seconde)		déplacement maximum du sol (mm)
	Ondes P	Ondes S	
PET	03 : 02 : 04	03 : 02 : 52	3,67
MA2	03 : 03 : 42	03 : 05 : 48	0,16
YSS	03 : 04 : 19	03 : 06 : 54	0,12
MAJO	03 : 06 : 25	03 : 10 : 40	0,035



3.1 Sachant que $v_P = 7,74 \text{ km.s}^{-1}$ et $v_S = 4,32 \text{ km.s}^{-1}$, calculer les distances au séisme des 4 stations ?

3.2 Donner la méthode permettant de localiser l'épicentre du séisme sur la carte ?

Exercice 2. Calcul de la vitesse des ondes P

En utilisant les données des sismogrammes ci-dessous (séisme du 8 septembre 1995) calculer la **vitesse des ondes P_g** pour chacune des deux stations OG08 et SSB. En déduire la **vitesse moyenne des ondes P** dans la croûte en Savoie (arrondir cette dernière valeur au centième).

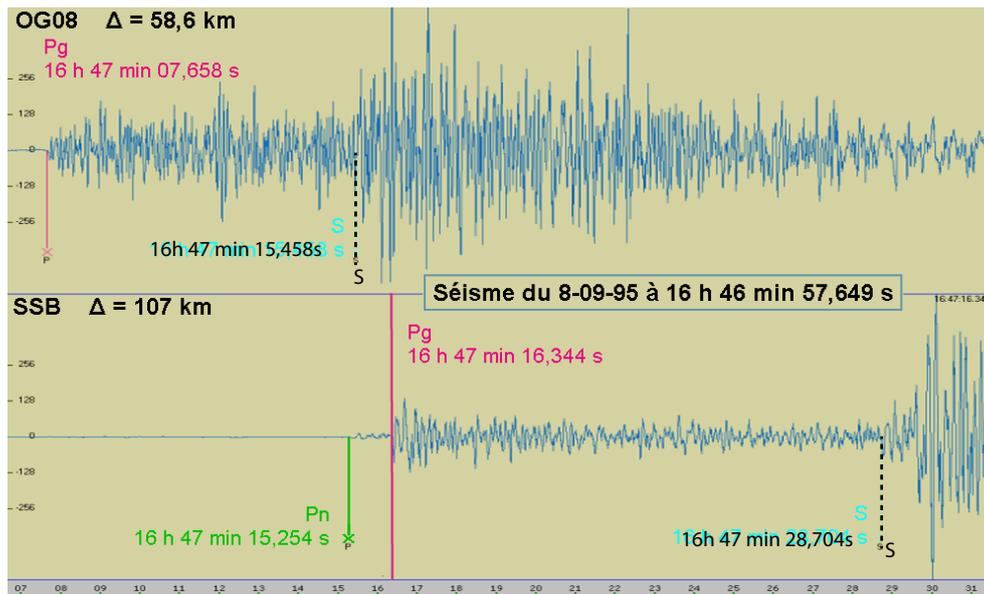


Fig.2 Extrait de sismogramme relevé après le séisme du 8-09-95 à La station OG08 (Isère, France) et à la station SSB, (Bourg-Argental, Isère, France).

Exercice 3. Calcul de la profondeur du Moho

En utilisant les données des sismogrammes ci-dessous (séisme du 19 janvier 1991) calculer la profondeur du Moho dans la région étudiée ?

On donne la profondeur focale $h = 11 \text{ km}$; Distance épacentrale $\Delta = 63,3 \text{ km}$; Vitesse des ondes P dans cette région des Alpes $V = 6,25 \text{ km.s}^{-1}$.

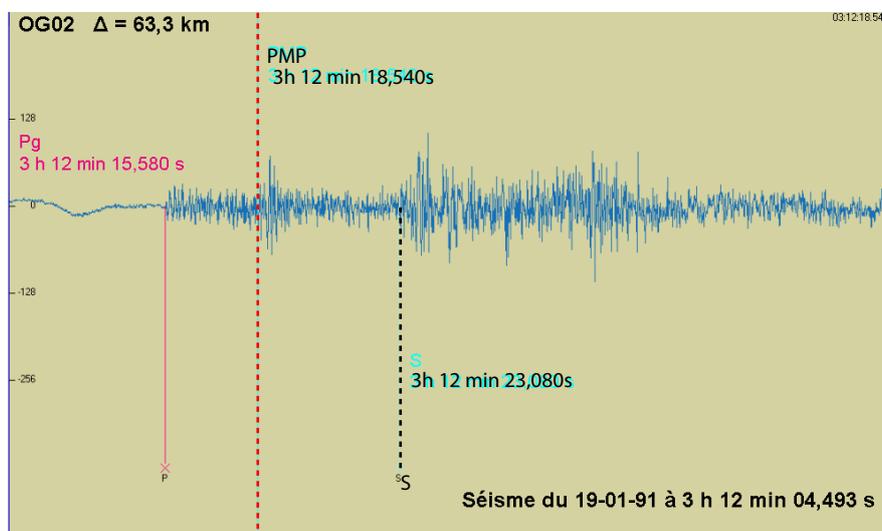


Fig.3 Extrait de sismogramme relevé après le séisme du 19-01-91 La station OG02 (Annemasse, Savoie, France).