

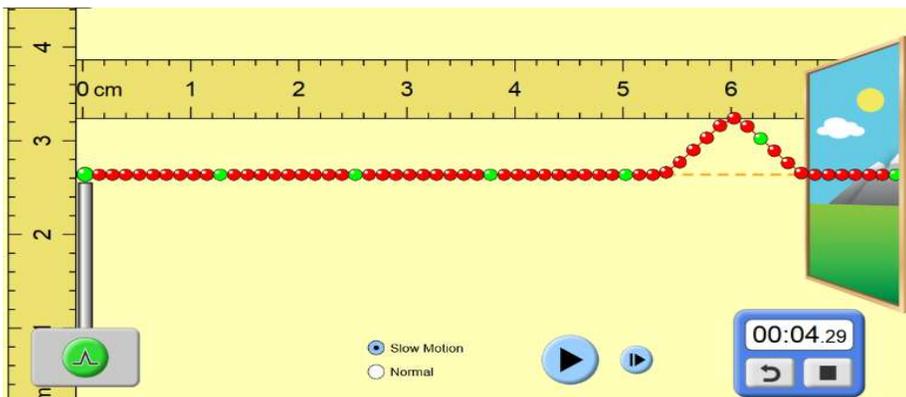
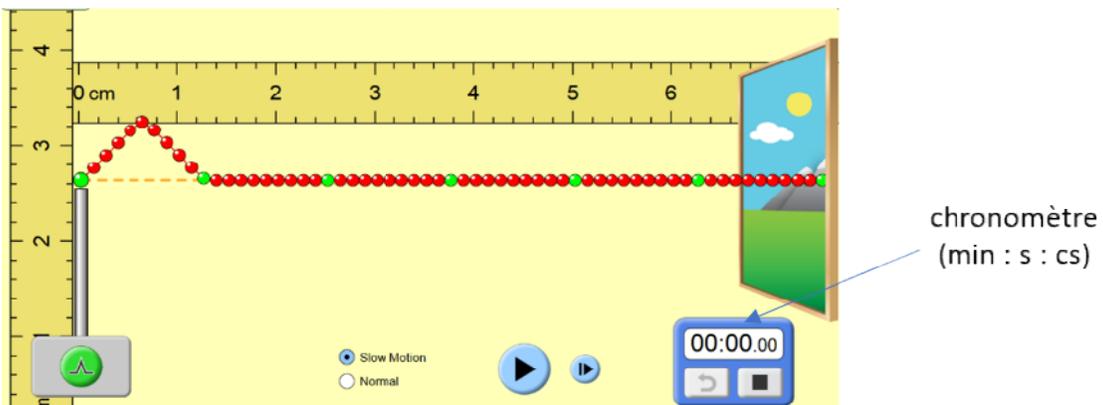
DEVOIR SURVEILLE N°14 CH14 ONDES MECANIQUES

PHYSIQUE-CHIMIE

Première Générale

1. Une onde qui se propage est progressive et mécanique. Rappeler la définition d'une onde progressive puis indiquer ce qui permet de la qualifier de mécanique.

Dans une simulation, on modélise une corde sur laquelle se propage une perturbation. Deux captures d'écran de ce logiciel sont données ci-dessous.



D'après <https://phet.colorado.edu/fr/simulations>

2. Déterminer, à l'aide des deux captures ci-dessus la valeur de la vitesse de propagation de l'onde dans la simulation.

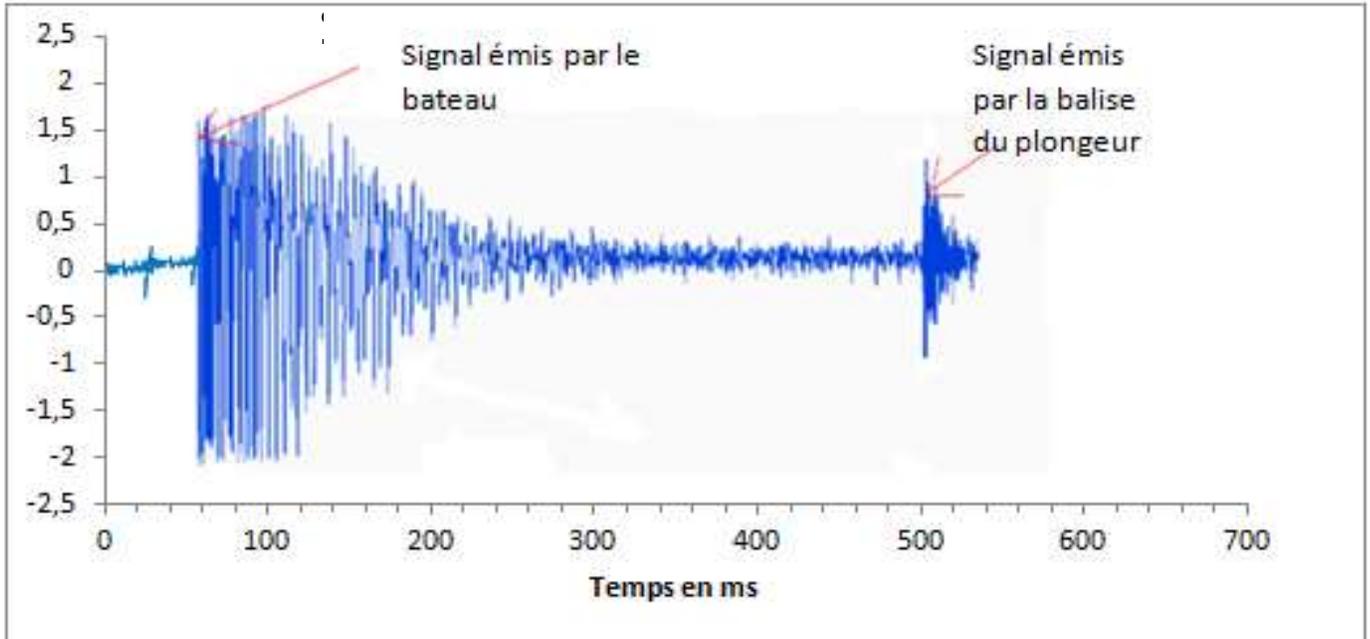
3. Retrouver un plongeur sous l'eau

La technologie qui est actuellement mise au point consiste à utiliser des ondes acoustiques.

Présentation du système GPS sous-marin

Le bateau émet un signal ultrasonore qui est capté et renvoyé par la balise que porte à son poignet un plongeur. L'ordinateur de bord du bateau enregistre les deux signaux et détermine la distance entre le plongeur et le bateau.

Amplitude des signaux enregistrés par l'ordinateur situé sur le bateau au cours du temps



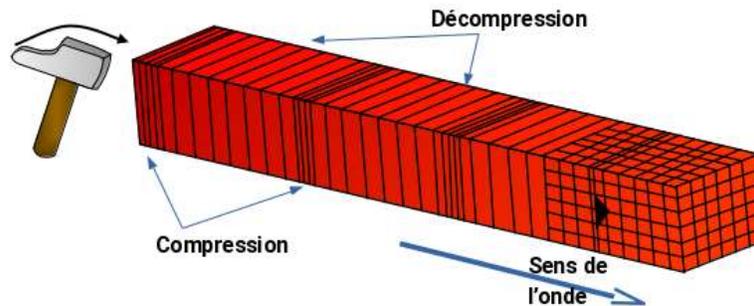
À partir des documents ci-dessus, déterminer à quelle distance du bateau est situé le plongeur.
La célérité moyenne du son dans l'eau est de 1520 m.s^{-1}

4. Séisme : comment localiser son épïcentre ? (10 points)

L'objectif de cet exercice est de comprendre comment on peut localiser l'épïcentre d'un séisme. Pour répondre à cette question, il faut d'abord s'intéresser aux ondes de différentes natures responsables des secousses sismiques.

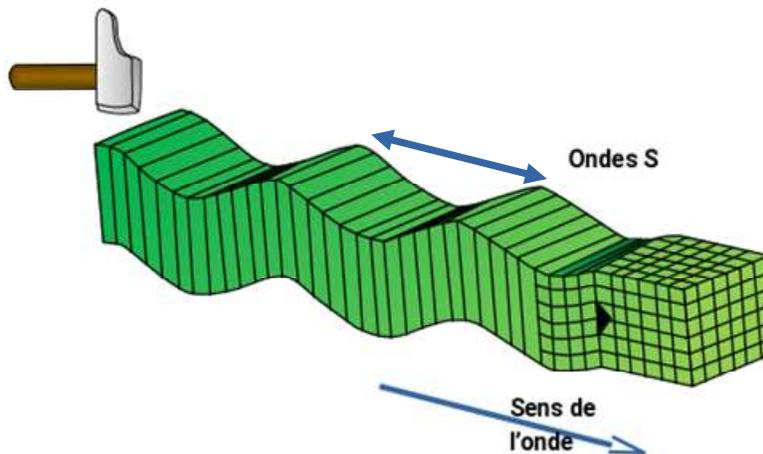
Nature des ondes sismiques

Les ondes P sont aussi appelées ondes longitudinales. La vibration du sol se fait par des dilatations et des compressions successives. Ces perturbations se déplacent parallèlement à la direction de propagation de l'onde. Les ondes P se propagent dans les milieux solides ainsi que dans les liquides.



Représentation des ondes P (d'après C. Allègre « Les fureurs de la Terre »).

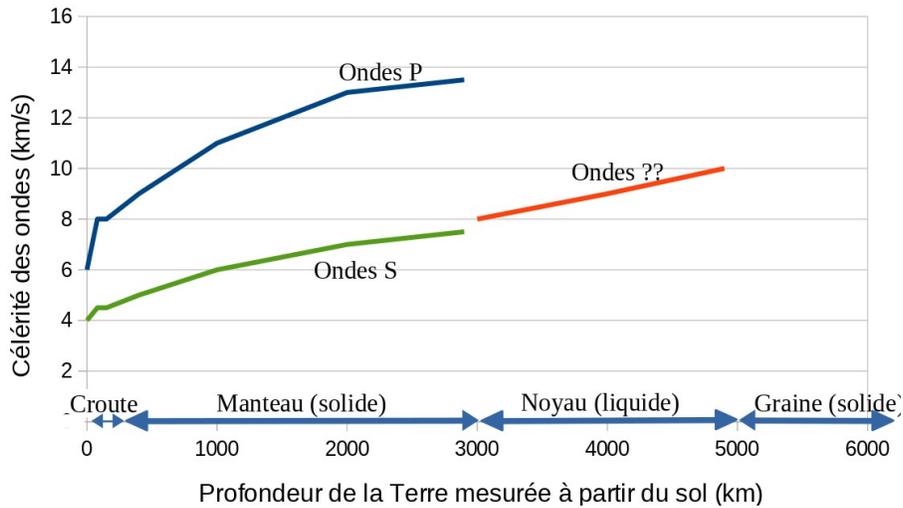
Les ondes S sont aussi appelées ondes transversales. À leur passage, les perturbations du sol s'effectuent perpendiculairement au sens de propagation de l'onde. Les ondes S ne se propagent que dans les milieux solides.



Représentation des ondes S (d'après C. Allègre « Les fureurs de la Terre »).

4.1. Les ondes P et S sont qualifiées d'ondes de type mécanique. Justifier cette affirmation.

4.2. On considère ces ondes comme périodiques. Indiquer quelle est la grandeur représentée par la flèche double sur la représentation précédente des ondes S.



Graphes : célérité des différents types d'onde dans la structure terrestre (d'après données planet-terre.ens-lyon.fr)

4.3. Indiquer quel est le type d'onde (P ou S) qui traverse le noyau terrestre. Justifier.

Détection des séismes

Lorsqu'un séisme se produit, les ondes sismiques peuvent être suivies par les nombreux sismographes situés sur la Terre dans des stations de surveillance sismique.

Un sismographe permet de transcrire les secousses enregistrées sous forme d'une courbe tracée comme sur le document en **annexe 1 à rendre avec la copie**.

- 4.4. Déterminer si l'allure du sismogramme fourni (**répondre sur l'annexe 1**) est cohérente avec les informations du graphe précédent.
- 4.5. Représenter par une double flèche sur le document donné en **annexe 1 à rendre avec la copie**, le retard de temps de l'onde S par rapport à l'onde P.

Localisation de l'épicentre

Un séisme se produit généralement à l'intérieur du globe terrestre. L'épicentre du séisme est le lieu de la surface, le plus proche de la source du séisme. C'est le premier endroit de la surface à recevoir les ondes sismiques.

Un séisme dont l'épicentre se situe en Équateur, pays d'Amérique du Sud, s'est produit le 22 février 2019. L'enregistrement du sismographe de la station de surveillance LFCV située au Venezuela, un autre pays d'Amérique du Sud, a permis de mesurer les heures d'arrivée des ondes P et S.

On fera les hypothèses suivantes pour modéliser simplement la situation :

- hypothèse 1 : les ondes P et S se propagent quasiment à la surface de la Terre ;
- hypothèse 2 : le rayon de courbure de la Terre est négligeable ;
- hypothèse 3 : les ondes se déplacent avec des célérités de valeurs constantes.

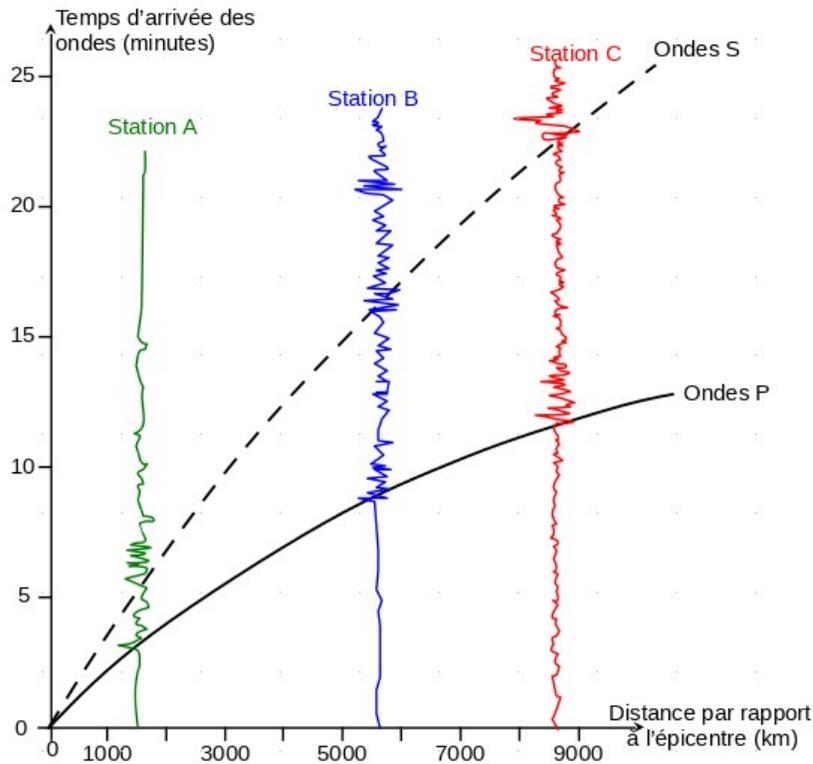
Données :

Type d'onde	Heure d'arrivée à la station LFCV	Célérités moyennes des ondes	Distance parcourue depuis l'épicentre
Ondes P	$H_P = 10 \text{ h } 21 \text{ min } 01 \text{ s}$	$c_P = 8,7 \text{ km.s}^{-1}$	d
Ondes S	$H_S = 10 \text{ h } 24 \text{ min } 03 \text{ s}$	$c_S = 4,7 \text{ km.s}^{-1}$	d

4.6. On note d la distance entre l'épicentre du séisme et la station LFCV. En notant t_S et t_P respectivement les durées de propagation de l'onde S et de l'onde P entre l'épicentre et la station LFCV, exprimer $t_S - t_P$ en fonction de d , c_S et c_P .

4.7. Exprimer la distance d puis calculer sa valeur.

En réalité, les calculs de localisation d'épicentre prennent en compte le fait que les célérités des ondes P et S ne sont pas constantes. On réalise pour cela une hodochrone (voir ci-dessous) à partir des enregistrements obtenus par plusieurs sismographes situés en divers endroits du globe. Elle représente l'évolution du temps de propagation des ondes sismiques P et S en fonction de la distance à l'épicentre.



4.8. En exploitant l'hodochrone, déterminer la distance L entre l'épicentre et une station de mesure dans le cas où l'onde S arrive avec 5 min de retard par rapport à l'onde P.

L'utilisation de l'hodochrone donne pour trois stations différentes les résultats suivants :

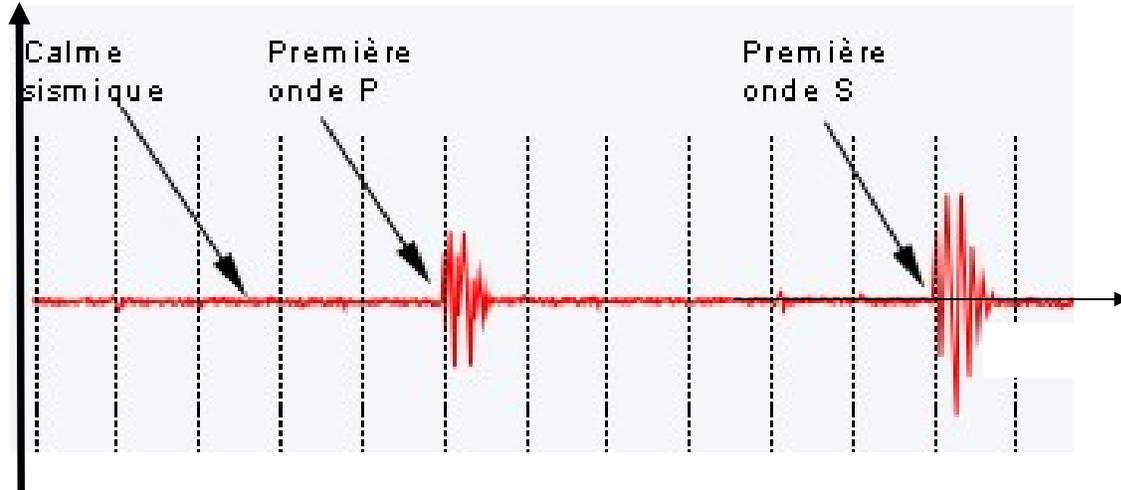
Station	Durée $t_S - t_p$	Distance L de la station à l'épicentre
LFCV (Venezuela)	183 s	$1,93 \cdot 10^3$ km
HPAP (Haïti)	231 s	$2,39 \cdot 10^3$ km
GCAPE (Guadeloupe)	247 s	$2,78 \cdot 10^3$ km

On considère que, pour chaque station, l'épicentre se trouve sur un cercle de rayon L . Pour déterminer graphiquement la position de l'épicentre, on a utilisé un programme informatique en langage Python. Ce programme permet de créer un fond de carte, de positionner les trois stations LFCV, HPAP et GCAPE, de tracer des cercles dont les centres sont les stations. La carte produite figure dans le document en **annexe 2 à rendre avec la copie**.

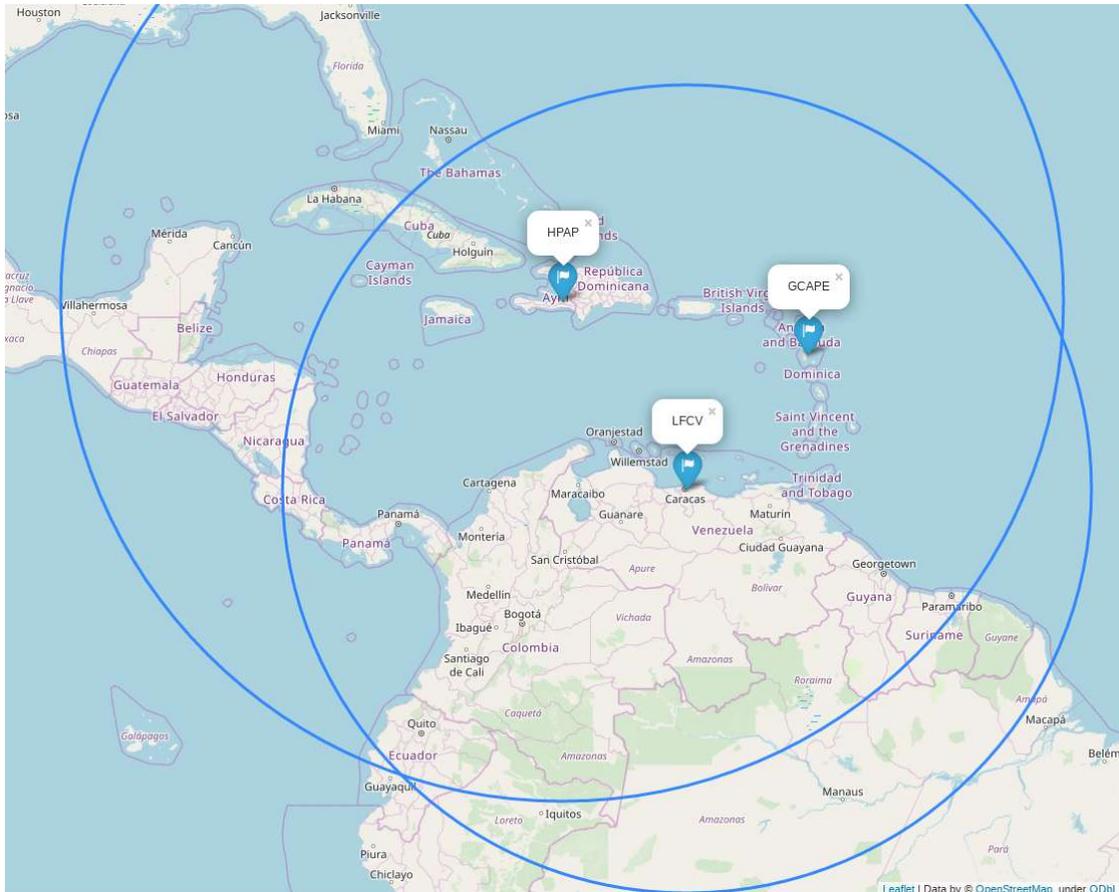
- 4.9. Indiquer pourquoi le document en **annexe 2 à rendre avec la copie** ne permet pas de positionner précisément l'épicentre du séisme.
- 4.10. Placer l'épicentre sur l'**annexe 2 à rendre avec la copie** en expliquant votre démarche.

ANNEXES À RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 1: Enregistrement simplifié des mouvements du sol en fonction du temps lors d'un séisme



Annexe 2 : Carte obtenue par le programme en langage python

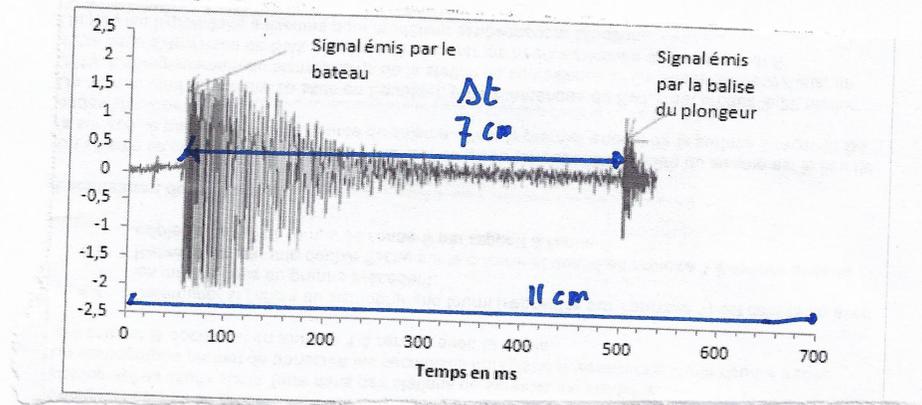


1. Une onde est la propagation d'une perturbation avec transport d'énergie
Elle est mécanique si elle se propage dans un milieu matériel

$$2. v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{6 - 0,6}{4,29} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$$

$$3. d = \frac{v \cdot \Delta t}{2} = \frac{1520 \cdot \frac{7 \text{ cm} \times 700 \cdot 10^{-3} \text{ s}}{11 \text{ cm}}}{2} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m}$$

↑ on compte que l'aller



4.1. P et S se propagent dans un milieu matériel

4.2. La période spatiale ou longueur d'onde λ est représentée sur schéma

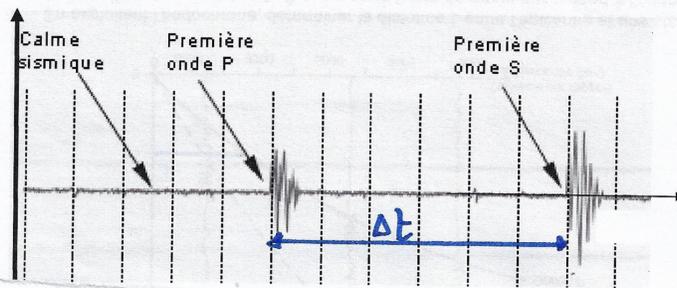
4.3. Les ondes ?? se propagent dans le noyau qui est liquide
ces ondes sont donc les ondes P

4.4. Au niveau de la croûte terrestre les ondes P ont une célérité \oplus élevée
que les ondes S. (6 km/s et 4 km/s)

Les ondes P se déplacent donc \oplus vite et sont donc perçues \oplus
tôt par le sismographe

4.5.

Annexe 1: Enregistrement simplifié des mouvements du sol en fonction du temps lors d'un séisme



$$4.6. t_s - t_p = \frac{d}{c_s} - \frac{d}{c_p}$$

$$4.7. \left| d = \frac{c_s c_p}{c_p - c_s} \cdot (t_s - t_p) \right| = \frac{8,7 \cdot 4,7}{8,7 - 4,7} \left(\overset{182 \text{ s}}{3 \text{ min } 02 \text{ s}} \right) = \underline{1,8 \cdot 10^3 \text{ km}}$$

4.8. Si l'onde S arrive avec 5 minutes de retard, on atteint la station A qui est située à ~~1250~~⁴⁰⁰⁰ km de l'épicentre.

4.9. L'intersection des 2 cercles nous fournit 2 points potentiels pour l'épicentre.

4.10. Il faut tracer un troisième cercle de centre GCAPE (le cercle manquant) de rayon $2,78 \cdot 10^3$ km
Ce rayon est le plus important des 3.
Des 2 points possibles, on prendra donc le \oplus éloigné de GCAPE

Annexe 2 : Carte obtenue par le programme en langage python

