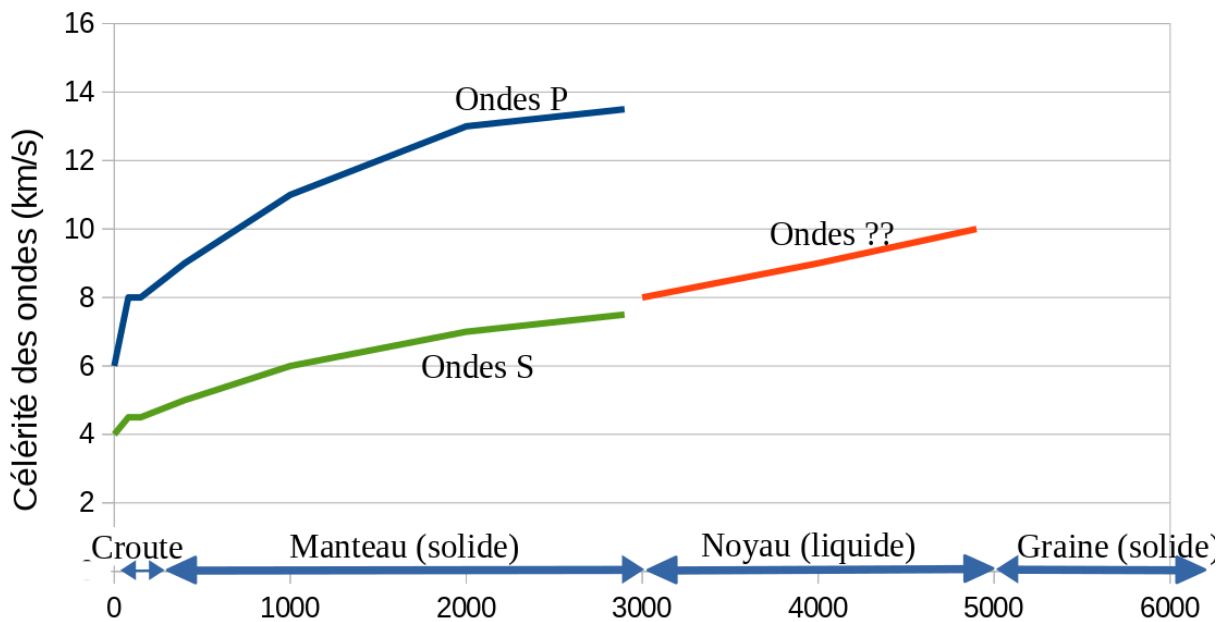


Représentation des ondes S (d'après C. Allègre « Les fureurs de la Terre »).

1. Les ondes P et S sont qualifiées d'ondes de type mécanique. Justifier cette affirmation.
2. On considère ces ondes comme périodiques. Indiquer quelle est la grandeur représentée par la flèche double en pointillés sur la représentation précédente des ondes S.



Profondeur de la Terre mesurée à partir du sol (km)  
Graphe : célérité des différents types d'onde dans la structure terrestre  
(d'après données planet-terre.ens-lyon.fr)

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

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 ne sont pas forcément détectées par l'être humain, mais elles peuvent être suivies par les nombreux sismographes situés sur la Terre dans des stations de surveillance sismique.

Un sismographe traditionnel est constitué d'un bâti fixe et d'un pendule qui réagit aux secousses. Le dispositif permet de transcrire les secousses enregistrées sous forme d'une courbe tracée si le mécanisme est mécanique, ou sous forme de données informatiques pour les sismographes numériques modernes.

Ces sismographes permettent d'obtenir des sismogrammes qui peuvent être décomposés comme sur le document en **annexe 1 à rendre avec la copie**.

4. Déterminer si l'allure du sismogramme fourni (**annexe 1**) est cohérente avec les informations du graphe précédent.
5. Représenter sur le document donné en **annexe 1 à rendre avec la copie**, le retard 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 :

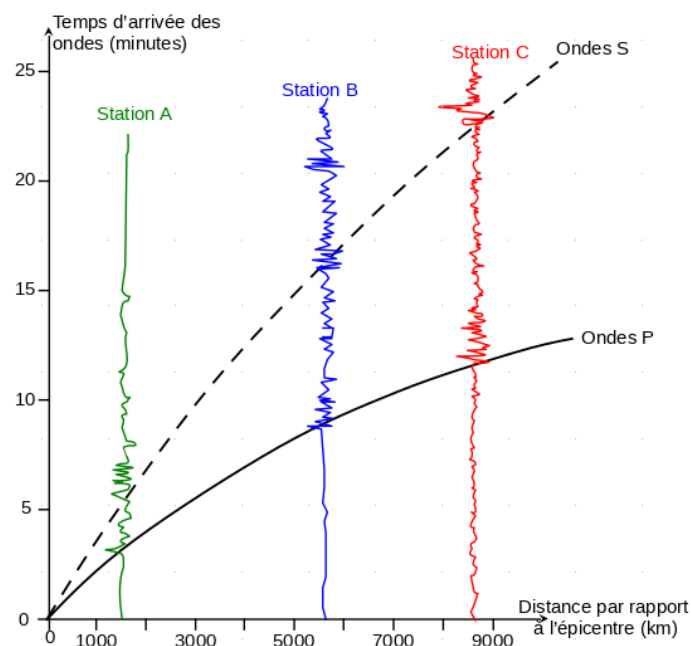
Type d'onde	Heure d'arrivée à la station LFCV	Célérités moyennes des ondes	Distance parcourue depuis l'épicentre
Ondes P	$H_P = 10 \text{ h } 21 \text{ min } 01 \text{ s}$	$c_P = 8,7 \text{ km.s}^{-1}$	$d$
Ondes S	$H_S = 10 \text{ h } 24 \text{ min } 03 \text{ s}$	$c_S = 4,7 \text{ km.s}^{-1}$	$d$

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  $c_P$ .



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.



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,

Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																			
Né(e) le :			/			/														



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

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**.

9. Indiquer pourquoi le document en **annexe 2 à rendre avec la copie** ne permet pas de positionner précisément l'épicentre du séisme.

Le programme utilisé est donné ci-dessous :

```

1 # Ce programme en langage Python permet de positionner l'épicentre d'un séisme
2 # à partir de stations de sismographie.
3
4 # Importe la bibliothèque folium qui contient les éléments de carte
5 import folium
6
7 # Crée une carte que l'on nomme CarteEpicentre
8 # Cette carte est centrée sur la latitude et la longitude, indiquées dans
9 # location=[,] et zoom_start donne la valeur du zoom utilisée pour la carte
10 CarteEpicentre = folium.Map(location=[10,-60], zoom_start=5)
11
12 # Crée des tableaux de valeurs avec la latitude, la longitude, le nom,
13 # et la distance à l'épicentre pour chaque station de sismographie
14 lat=[ 10.491 , 18.54 , 16.2706 ]
15 long=[ -66.832 , -72.32 , -61.504 ]
16 nom_station=['LFCV', 'HPAP', 'GCAPE']
17 distance_epicentre = [ 1.93 , 2.39 ]
18
19 # Crée 3 icônes (3 marqueurs) sur la carte, avec nom et position des stations
20 for i in range(3):
21     folium.Marker([lat[i], long[i]], popup=folium.Popup(nom_station[i]),
22                 |icon=folium.Icon(icon="flag" )).add_to(CarteEpicentre)
23
24 # Crée 2 cercles de rayon L autour des stations LFCV et HPAP
25 # Le rayon est calculé à partir de L et d'un facteur d'échelle adapté
26 # au zoom choisi (ici valeur 210)
27 for i in range(2):
28     folium.CircleMarker( [lat[i] , long[i] ],
29                          radius = 210 * distance_epicentre[i]).add_to(CarteEpicentre)
30
31 # Enfin on crée un fichier dans un format lisible par l'utilisateur dont on
32 # indique le nom "CarteFinale" et l'extension "html"
33 CarteEpicentre.save('CarteFinale.html')

```

10. Indiquer l'information chiffrée manquante dans ce programme informatique, pour tracer le cercle autour de la station GCAPE. Préciser le numéro de la ligne à corriger et réécrire cette ligne entièrement sur votre copie.
11. À la ligne 27, proposer une modification du programme permettant de faire apparaître le cercle autour de GCAPE.
12. Placer l'épicentre sur l'**annexe 2 à rendre avec la copie** en expliquant votre démarche.

