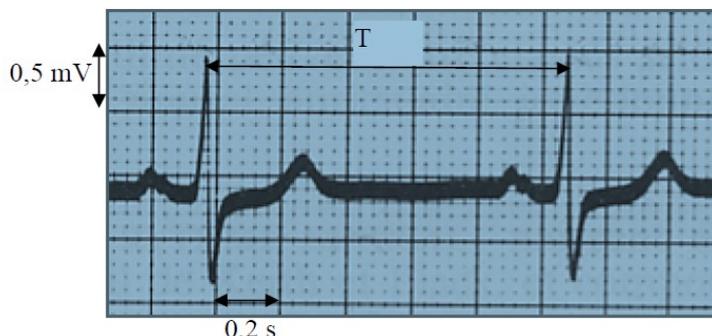


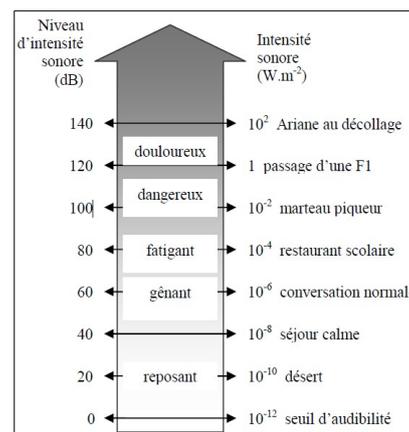
I-

L'électrocardiogramme (ECG) :

Le cœur génère des tensions électriques faibles (de l'ordre du millivolt) lorsqu'il fonctionne. L'électrocardiogramme est l'enregistrement de la tension électrique du cœur en fonction du temps. L'analyse de l'électrocardiogramme (par un cardiologue) permet de diagnostiquer des anomalies de fonctionnement du cœur. Voici l'enregistrement de l'électrocardiogramme d'un cœur normal :



Déterminer la valeur de la période T



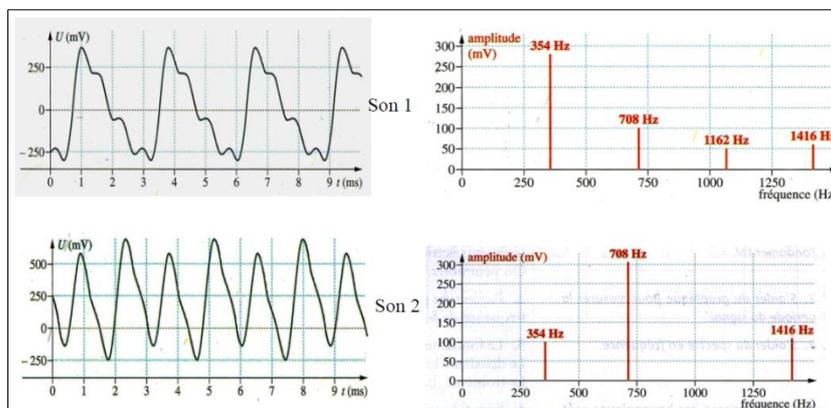
II-

- a- Lors d'un concert à 1 m d'une enceinte de haut parleur, le niveau sonore est de l'ordre de 100 db. A quelle distance doit-on se placer pour ne pas subir de dommage au niveau de l'oreille ?
- b- Une trompette émet une note dont l'intensité sonore à 5 m de cette dernière a pour valeur $I = 10^{-5} W.m^{-2}$. Le seuil d'audibilité pour l'oreille humaine a pour intensité $I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$.

Une seconde trompette identique placée à côté de la première joue simultanément la même note. Que devient l'intensité sonore ? Que devient le niveau sonore ?

Les documents suivants représentent les signaux électriques correspondant à deux sons ainsi que leurs spectres. Quelles sont les affirmations exactes ? Rectifier éventuellement.

1. Les sons 1 et 2 ont la même hauteur. b.
2. Les sons 1 et 2 ont le même timbre.
3. Le fondamental du son 1 a pour fréquence 354 Hz.
4. Le fondamental du son 2 a pour fréquence 708 Hz.
5. Le troisième harmonique du son 2 a pour fréquence 1 416 Hz. f.
6. Aucun son n'est pur.

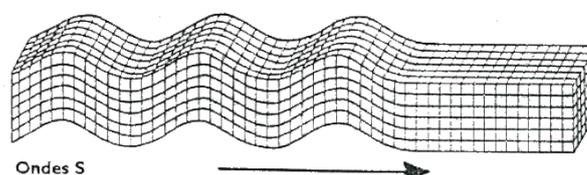


III- Partie 1 : Les ondes sismiques naturelles

« Les ondes sismiques naturelles produites par les tremblements de Terre sont des ondes élastiques se propageant dans la croûte terrestre. (...) On distingue deux types d'ondes : les ondes de volume qui traversent la Terre et les ondes de surface qui se propagent parallèlement à sa surface. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont différentes du fait des diverses structures géologiques traversées. C'est pourquoi, les signaux enregistrés par les capteurs appelés sismomètres sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure. »

Les ondes de volume :

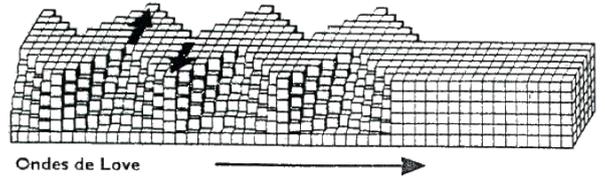
- L'onde P comprime et étire alternativement les roches.
- L'onde S se propage en cisillant les roches latéralement à angle droit par rapport à sa direction de propagation.



Document 1

Une onde de surface :

- L'onde de Love L : elle déplace le sol d'un côté à l'autre dans un plan horizontal perpendiculairement à sa direction de propagation.



D'après : Les ondes sismiques - Documents pédagogiques de l'E.O.S.T.

1. Nature des ondes : pour chacune des trois ondes citées dans le texte, préciser en justifiant, s'il s'agit d'une onde transversale ou d'une onde longitudinale.
2. La Terre a tremblé en France le 24 août 2006 à 20 h 01 min 00 s TU (temps universel). L'épicentre du séisme était proche de la ville de Rouillac en Charente. Un sismomètre du Bureau Central Sismologique Français situé à Strasbourg, a enregistré le tremblement. Les ondes les plus rapides se sont propagées en surface avec la célérité de $6,0 \text{ km.s}^{-1}$. La distance Rouillac-Strasbourg est $d = 833 \text{ km}$, calculer la durée mise par les ondes les plus rapides pour parcourir cette distance d .

Partie 2 : Les ondes sismiques artificielles

Pour la recherche d'éventuelles nappes souterraines de pétrole, sur Terre ou en pleine mer, on utilise la sismique.

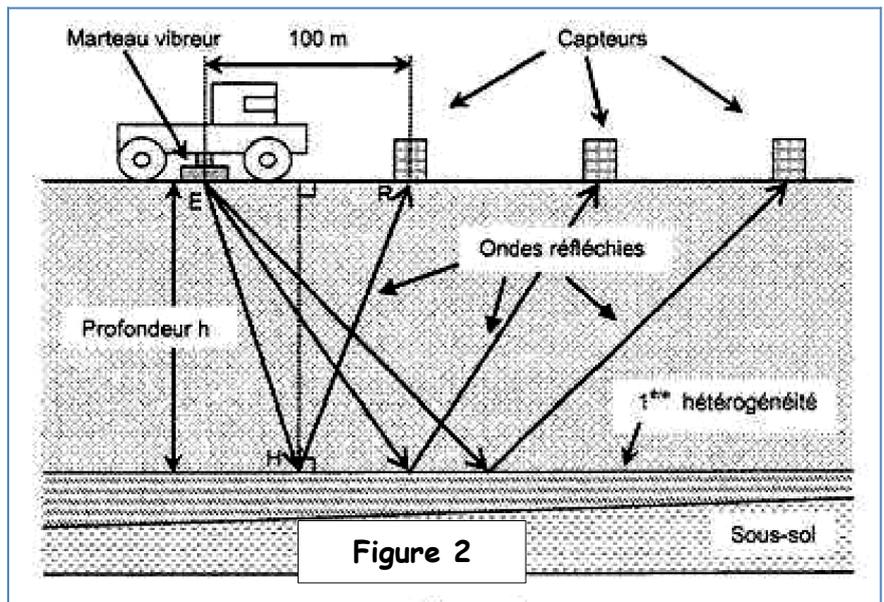
La sismique est une technique de mesure indirecte qui consiste à enregistrer en surface des échos issus de la propagation dans le sous-sol d'une onde sismique provoquée. Ces échos sont générés par les hétérogénéités du sous-sol. Le passage par exemple d'une couche d'argile à une couche de sable dans une colonne sédimentaire s'accompagne d'une réflexion visible sur les enregistrements. Certaines couches sableuses peuvent constituer des pièges à hydrocarbures. Il faut ensuite vérifier cette hypothèse par un forage.

Un camion vibreur émet une salve d'onde à l'aide d'un marteau de masse 2500 kg venant frapper périodiquement le sol avec une fréquence $f = 14,0 \text{ Hz}$ (figure 2 ci-contre). Les capteurs sont régulièrement répartis autour du camion tous les 100 m . Le temps d'arrivée de l'écho permet de situer la position de la première hétérogénéité et l'amplitude de l'écho apporte des informations sur certains paramètres physiques des milieux en contact.

1. Pendant la durée de la salve, l'onde est périodique. Calculer sa longueur d'onde sachant que, dans le premier milieu supposé homogène, l'onde s'est déplacée avec une vitesse moyenne $v = 6,21 \text{ km.s}^{-1}$.
2. L'onde réfléchie par la première limite hétérogène rencontrée est détectée par le premier capteur au bout d'une durée égale, entre l'instant d'émission et l'instant de réception, à $0,580 \text{ s}$. En déduire la profondeur h de la première couche.

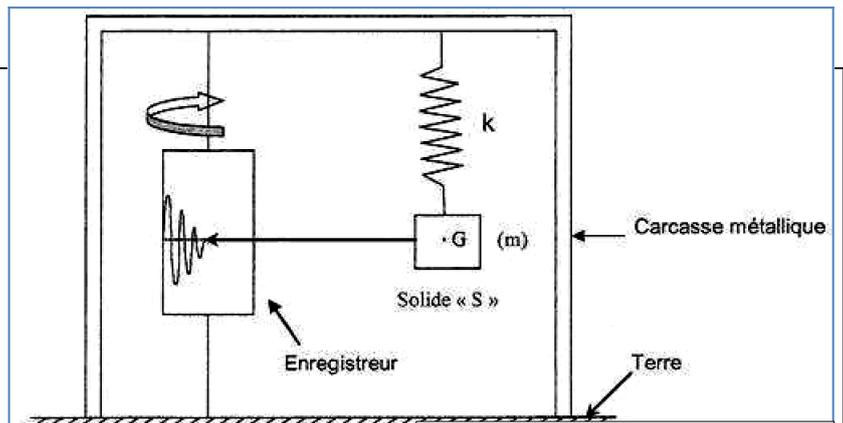
Indication : pour le premier capteur, la hauteur h du triangle EHR a une valeur très proche de la distance EH .

3. Au cours de la réflexion, l'onde perd de l'énergie. Pour chacune des grandeurs caractéristiques suivantes de l'onde réfléchie, indiquer par oui ou par non s'il y a eu modification de cette grandeur par rapport à l'onde incidente : longueur d'onde ; fréquence ; vitesse de propagation ; amplitude.



Partie 3 : Étude d'un sismographe vertical

Les capteurs utilisés dans l'exemple précédent sont des sismographes sensibles aux composantes verticales des ondes sismiques (figure 3). Ils sont constitués d'un système « solide S + ressort » vertical et d'un système d'amortissement. Un stylet solidaire du solide S trace sur un cylindre en rotation les variations de la position du centre de gravité de ce solide S . Un couplage électromagnétique permet d'enregistrer et de transmettre les données une fois celle-ci numérisées.



2. Étude dynamique : Le système ci-contre peut osciller librement. On peut ainsi déterminer sa période propre d'oscillation. La position notée x , par rapport à sa position d'équilibre, du centre d'inertie du solide S est repérée sur un axe vertical. Les mesures successives de la position x relevées à différents instants puis traités numériquement, montrent que :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m} \cdot x$$

2.1. Que peut-on déduire sur les valeurs de x au cours du temps ?

2.2. Quelle est l'expression de la pulsation du mouvement ?

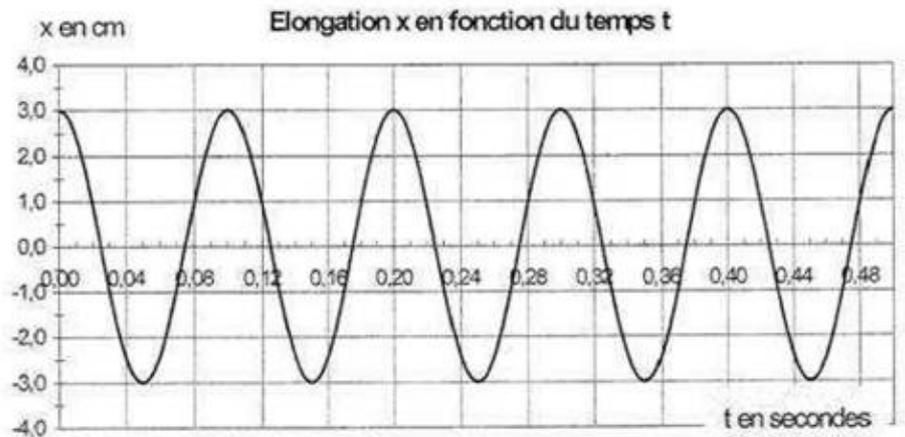
2.3. En déduire que $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ est la période du mouvement.

2.4. Sur la courbe ci-contre (**figure 4**), a été enregistrée l'évolution de x en fonction du temps t .

2.4.1. Mesurer avec le maximum de précision, la valeur de la période sur ce graphe. Evaluer l'incertitude sur cette valeur.

2.4.2. Ecrire l'expression de $x(t)$.

2.5. Dans quelle proportion sera modifiée la fréquence d'oscillation du système si on double la valeur de la masse m ?



3. Étude du sismographe

3.1. Dans le sismographe représenté **Figure 3**, l'onde sismique ébranle la carcasse métallique et met en mouvement oscillatoire périodique la partie supérieure du ressort. À quelle fréquence f_s le système « solide S + ressort » se met-il à osciller si l'onde sismique est celle produite par le camion vibreur de la partie 2 du sujet ?

3.2. La fréquence des oscillations libres du système précédemment mesurée, représente également la fréquence de résonance du système. Pourquoi avoir choisi dans la construction du sismographe une fréquence propre f_0 proche de f_s ?

3.3. Dans le texte est écrit que le sismographe est équipé d'un « système d'amortissement ». Quel est l'intérêt d'un tel système ?

IV-

1. Étude de l'onde ultrasonore dans l'eau de mer.

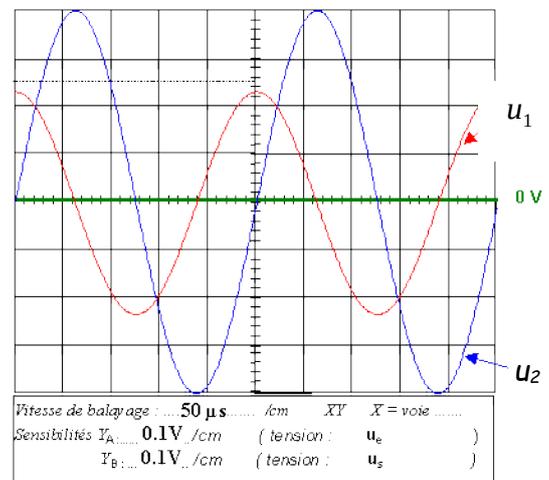
1.1 Définir une onde mécanique progressive.

1.2 L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.

1.3 Mesurer sur l'oscillogramme ci-contre les amplitudes des tensions u_1 et u_2 ainsi que le retard de u_2 par rapport à u_1 ; présenter ces valeurs en cohérence avec leurs incertitudes que vous évaluerez.

En déduire, les périodes, fréquences et pulsations, le déphasage de u_2 par rapport à u_1 .

Exprimer $u_1(t)$ en supposant la phase à l'origine de u_1 nulle ; en déduire $u_2(t)$.



2. Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

La célérité des ultrasons dans l'air $v_{air} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ est plus faible que la célérité des ultrasons dans l'eau de mer v_{eau} .

Un émetteur produit simultanément des salves d'ondes ultrasonores dans un tube rempli d'eau de mer et dans l'air (voir figure 1). À une distance d de l'émetteur d'ondes ultrasonores, sont placés deux récepteurs, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau de mer. Le récepteur A est relié à l'entrée A du système d'acquisition d'un ordinateur et le récepteur B à l'entrée B. L'acquisition commence lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B du système. Le but des mesures effectuées est de mesurer le retard de perception entre les deux récepteurs.

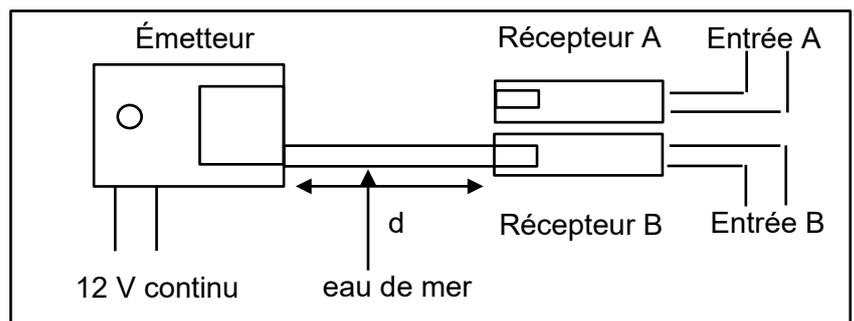
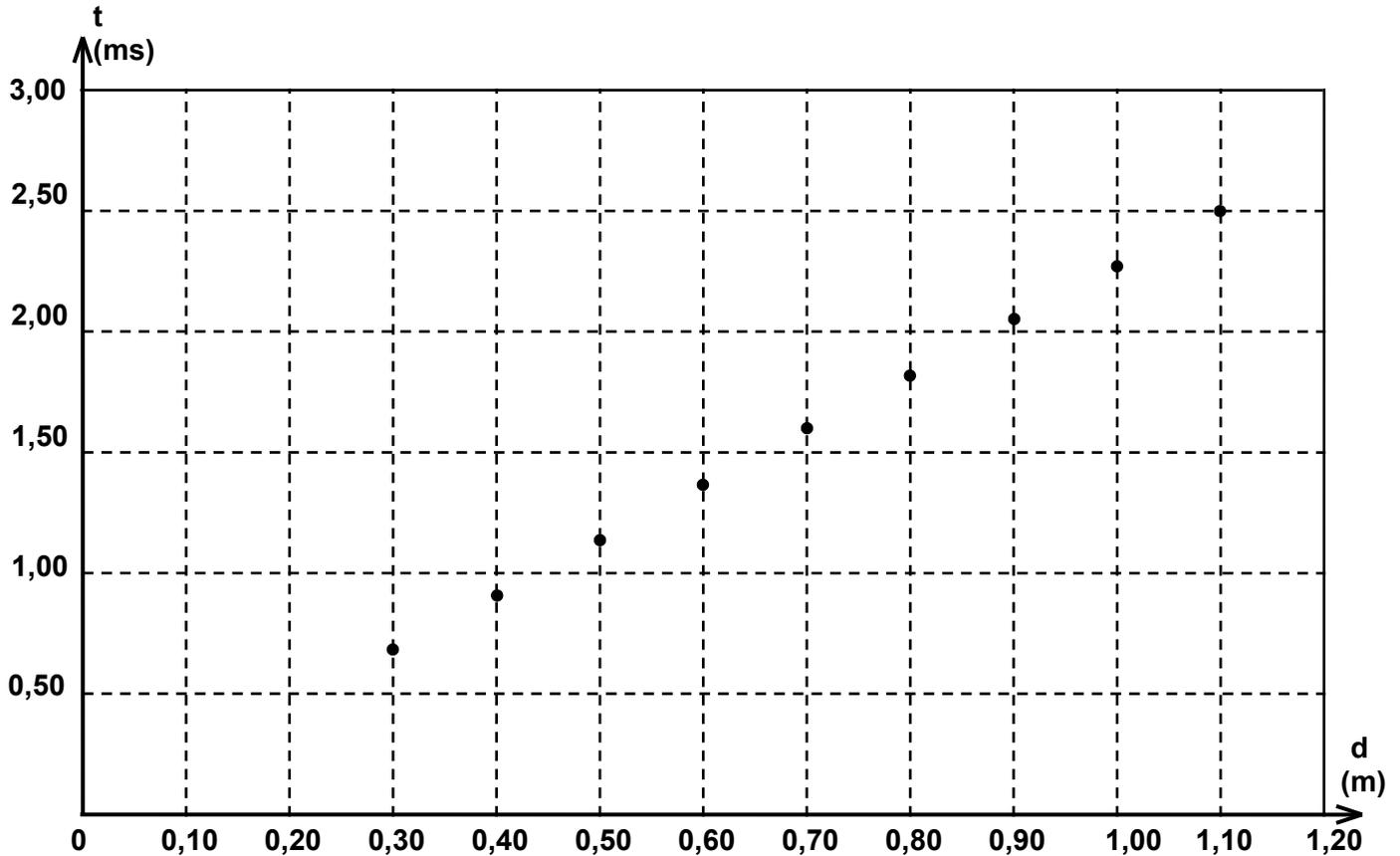


Figure 1

2.1 Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B ?

2.2 Donner l'expression du retard Δt entre la réception des ultrasons par les deux récepteurs en fonction de t_A et t_B , durées que mettent les ultrasons pour parcourir respectivement la distance d dans l'air et dans l'eau de mer.

2.3 On détermine Δt pour différentes distances d entre l'émetteur et les récepteurs. On traite les données avec un tableur et on obtient le graphe $\Delta t = f(d)$ ci-dessous.



2.3.1 Donner l'expression de Δt en fonction de d , v_{air} , v_{eau} .

2.3.2 Justifier l'allure de la courbe obtenue.

2.3.3 Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite $\Delta t = f(d)$. En déduire la valeur de la célérité v_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer en prenant $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3. Détermination du relief des fonds marins.

Dans cette partie on prendra $v_{\text{eau}} = 1,50 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Un sondeur acoustique classique est composé d'une sonde comportant un émetteur et un récepteur d'onde ultrasonore de fréquence $f = 200 \text{ kHz}$ et d'un boîtier de contrôle ayant un écran qui visualise le relief des fonds sous-marins.

La sonde envoie des salves d'ultrasons verticalement en direction du fond à des intervalles de temps réguliers ; cette onde ultrasonore se déplace dans l'eau à une vitesse constante v_{eau} . Quand elle rencontre un obstacle, une partie de l'onde est réfléchiée et renvoyée vers la source. La détermination du retard entre l'émission et la réception du signal permet de calculer la profondeur p .

Un bateau se déplace en ligne droite suivant un axe $x'x$ en explorant le fond depuis le point A ($x_A = 0 \text{ m}$) jusqu'au point B ($x_B = 50 \text{ m}$) (figure 2).

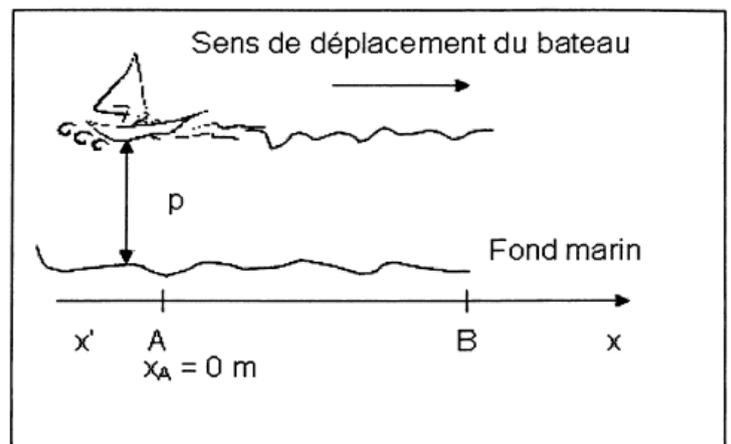
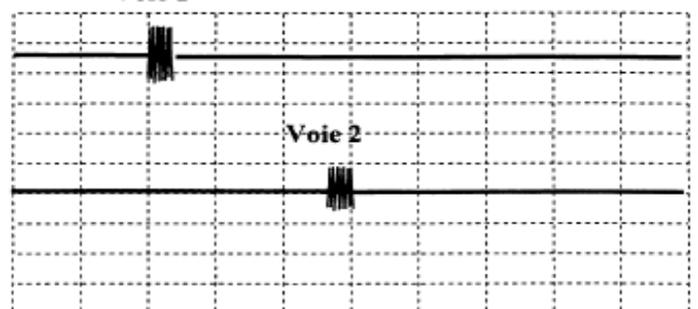


Figure 2



Oscillogramme

**Sensibilité
Horizontale :**
10 ms / div

Le sondeur émet des salves d'ultrasons à intervalles de temps égaux, on mesure à l'aide d'un oscilloscope la durée Δt séparant l'émission de la salve de la réception de son écho.

3.1 L'oscillogramme ci-contre montre l'écran d'un oscilloscope lorsque le bateau se trouve en A ($x_A = 0$ m). L'une des voies représente le signal émis, l'autre le signal reçu par le récepteur.

Sur l'oscillogramme, on a décalé la voie 2 vers le bas pour distinguer nettement les deux signaux.

La figure 3 représente $\Delta t = f(x)$ lorsque le bateau se déplace de A vers B.

3.1.1 Identifier les signaux observés sur chaque voie, en justifiant.

3.1.2 À partir de l'oscillogramme, déterminer la durée Δt entre l'émission de la salve et la réception de son écho.

3.1.3 En déduire la graduation de l'axe des ordonnées de la figure 3 représentant la durée Δt en fonction de la position x du bateau.

3.2 Déterminer la relation permettant de calculer la profondeur p en fonction de Δt et v_{eau} .

3.3 Tracer sur la figure 4, l'allure du fond marin exploré en précisant la profondeur p en mètres en fonction de la position x du bateau.

3.4 Le sondeur envoie des salves d'ultrasons à intervalles de temps réguliers T . Pour une bonne réception, le signal émis et son écho ne doivent pas se chevaucher. Le sondeur est utilisable jusqu'à une profondeur de 360 m.

Déterminer la période minimale T_m des salves d'ultrasons permettant ce fonctionnement.

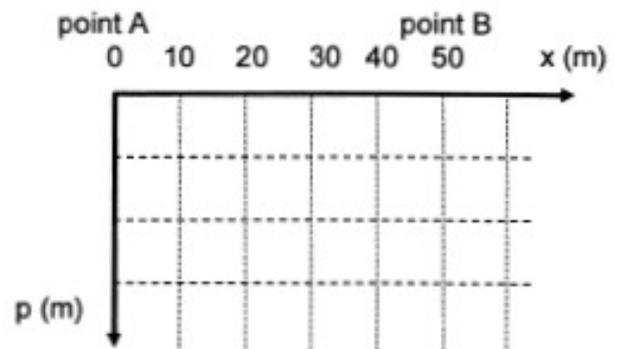
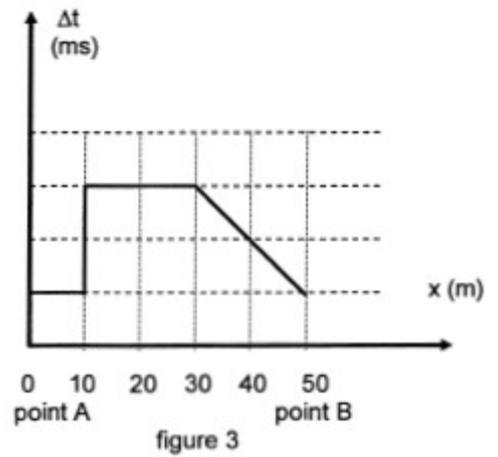


Figure 4

V-

1°) A la suite d'un séisme, on obtient, à la station de San Francisco, l'enregistrement ci-après où sont en outre précisés l'échelle des temps et le sens de déroulement de l'enregistrement.

a- Indiquer sur l'enregistrement avec les indications précédentes, les débuts des ondes P et des ondes S.

b- Déterminer graphiquement le décalage Δt entre les dates d'arrivée de ces ondes.

2°) Soient τ_p et τ_s les durées de parcours des deux types d'ondes de fond. Exprimer ces durées en fonction des célérités respectives et v_s et en déduire que la distance D_1 parcourue par l'onde a pour expression :

$$D_1 = \Delta t_1 \cdot \left(\frac{v_s \cdot v_p}{v_p - v_s} \right)$$

Application numérique : on a déterminé les vitesses moyennes des ondes de fond : $v_p = 7,5 \text{ km.s}^{-1}$ et $v_s = 3,9 \text{ km.s}^{-1}$. En déduire la valeur de la distance D_1 .

3°) a- Des mesures effectuées dans les stations de Miami et de Vancouver ont donné respectivement $\Delta t_2 = 370 \text{ s}$ et $\Delta t_3 = 490 \text{ s}$. En déduire les distances correspondantes D_2 et D_3 .

b- En déduire sur la carte une estimation de l'épicentre du séisme ; on laissera apparente la construction utilisée.

Pourquoi trois stations sont-elles nécessaires pour déterminer la position de l'épicentre ?

