

1°) L'extrémité libre d'une lame de scie, dont l'autre extrémité est fixée, exécute 12,8 vibrations en 19 s. Quelle est sa fréquence ?

2°) Quelle est la période d'un disque qui fait 33,33 tours par minute ?

3°) Un oscillateur sinusoïdal est représenté par l'équation :  $x = 4 \cdot \cos(0,1 \cdot t + 0,5)$  m. Trouver (a) l'amplitude, (b) la période, (c) la fréquence, (d) la phase initiale du mouvement, (e) les conditions initiales, (f) la position pour  $t = 5$  s.

Faire un graphique de la position en fonction du temps.

4°) Une roue de 30 cm de rayon est munie sur son bord d'une poignée. La roue tourne à 0,5 tour par seconde autour d'un axe horizontal. En supposant que les rayons solaires tombent verticalement sur la Terre, l'ombre de la poignée décrira un mouvement sinusoïdal.

Trouver (a) la période du mouvement de l'ombre, (b) sa fréquence, (c) son amplitude. (d) Ecrire l'équation donnant son déplacement en fonction du temps. On suppose la phase initiale nulle.

5°)

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 ?

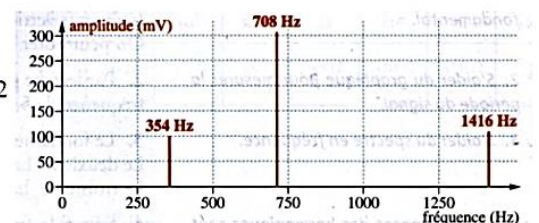
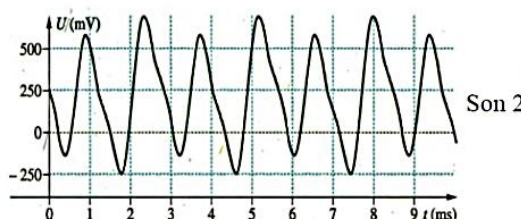
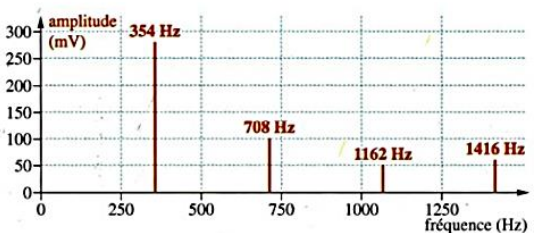
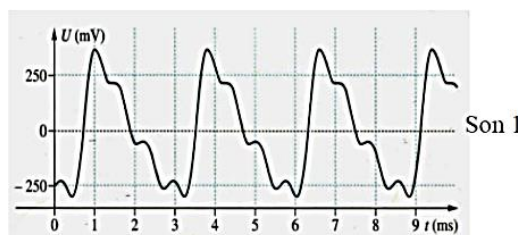
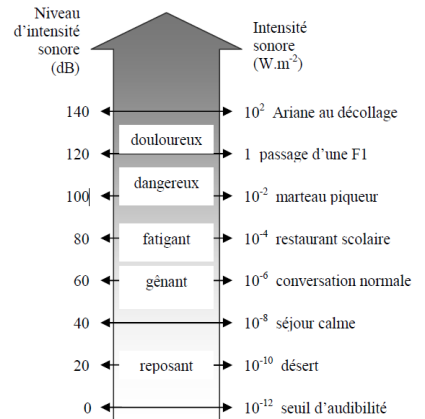
b- Une trompette émet une note dont l'intensité sonore à 5 m de cette dernière a pour valeur  $I = 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Le seuil d'audibilité pour l'oreille humaine a pour intensité  $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

c- Quelles sont les affirmations exactes ? Rectifier éventuellement celles qui sont fausses :

1. Le niveau sonore  $L$  s'exprime en W.
2. Le niveau sonore du son émis par la trompette située à 5 m a pour valeur 70 SI.
3. Une seconde trompette identique placée à côté de la première joue simultanément la même note. L'intensité sonore double.
- d. Dans les conditions de la proposition précédente, le niveau sonore double.

6°) 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.
6. Aucun son n'est pur.



## II-

### Document 1 La gamme musicale.

La gamme musicale comporte 12 degrés : do, do#, ré, ré#, mi ; fa, fa#, sol, sol#, la, la#, si. Une gamme est construite de telle sorte que la fréquence de la douzième note soit le double de celle de la première note (on dit qu'elle est à l'octave). La gamme dite « tempérée » est caractérisée par un rapport constant entre les fréquences. La fréquence de chaque note est donc obtenue en multipliant celle de la note précédente par une quantité constante  $a$ .

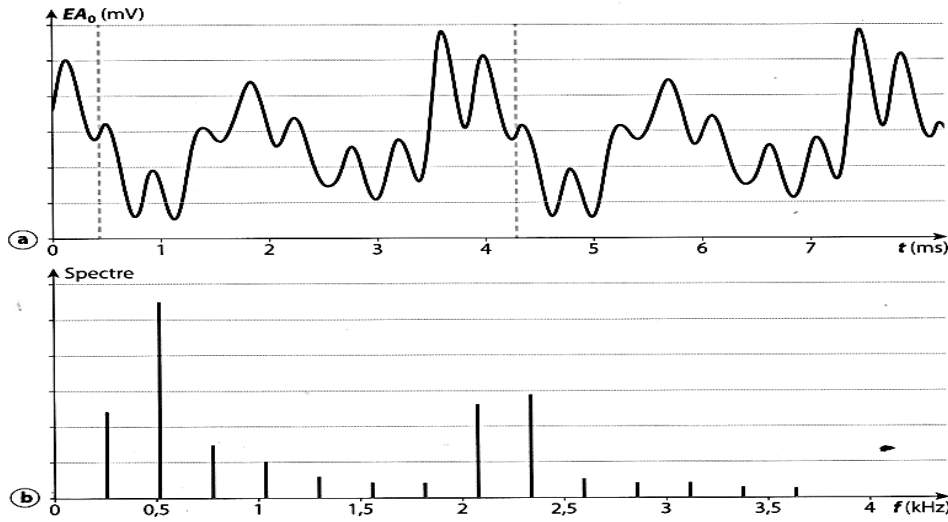
D'après A. Fischetti, *Initiation à l'acoustique*, Belin, 2001.

### Document 2

**Tableau des fréquences fondamentales (en hertz) des notes pour la troisième octave.**

Do	261,63
Do#	277,18
Ré	293,66
Ré#	311,13
Mi	329,63
Fa	349,22
Fa#	369,99
Sol	392,00
Sol#	415,30
La	440,00
La#	466,16
Si	493,88

### Document 3 Enregistrement d'une note jouée au saxophone [a] et son spectre [b].



### Questions

Répondre à l'aide de ses connaissances et des documents.

1. L'enregistrement de la note jouée au saxophone fait apparaître un signal  $EA_0(t)$ .

a. Comment a-t-on obtenu ce signal ?

b. Quel est le rapport entre ce signal et l'onde sonore produite par le saxophone ?

c. Caractériser le signal enregistré : est-il périodique ? sinusoïdal ?

2. Estimer la fréquence de ce signal : a. grâce à l'enregistrement  $EA_0(t)$  ; b. grâce au spectre de  $EA_0(t)$ .

c. En déduire la note jouée par le saxophone.

3. Déterminer le rapport  $a$  entre deux notes consécutives : a. de façon théorique ; b. de façon numérique en utilisant les données du document 2.

4. Pour chacun des quatre harmoniques les plus intenses du spectre de  $EA_0(t)$ , déterminer :

a. le rang ; b. la fréquence correspondante.

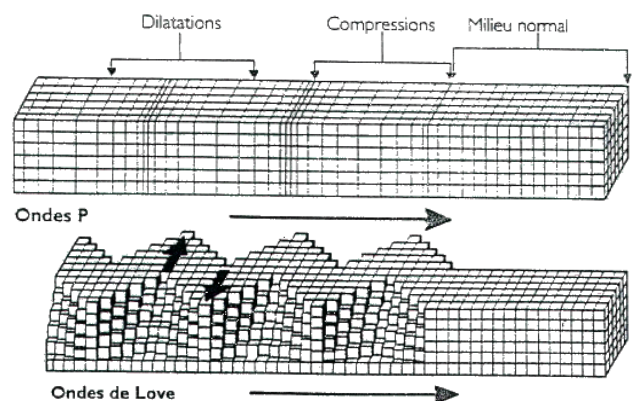
5. À quelle note correspond la fréquence de l'harmonique de rang 8 ?

## 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. »

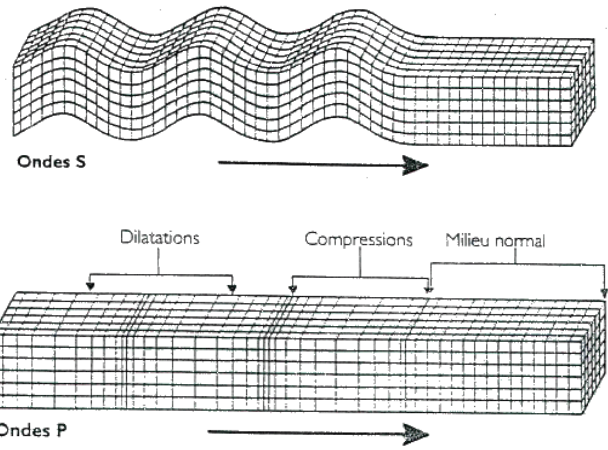
**Les ondes de volume :**

- 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.



### 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.



### Document 1 d'après : Les ondes sismiques - Documents pédagogiques de l'E.O.S.T.

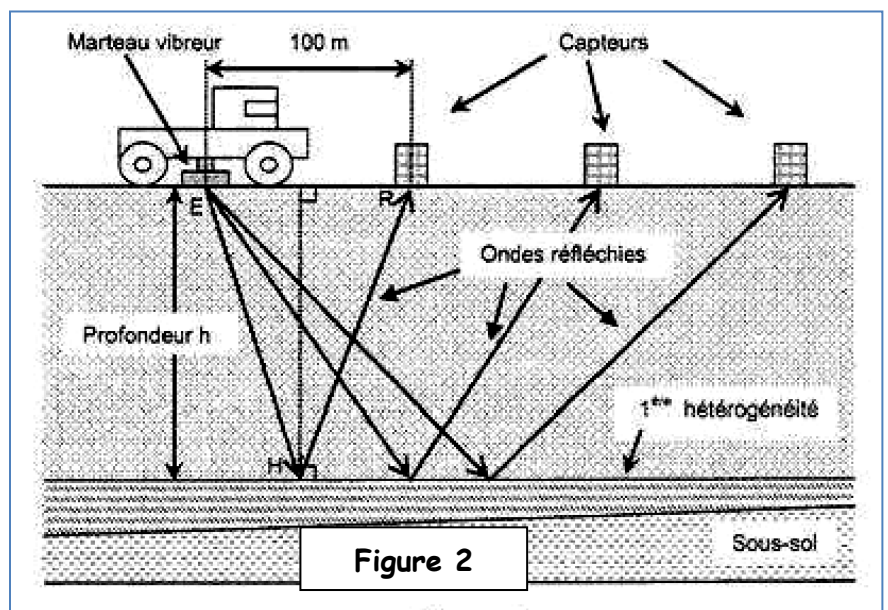
1. Nature des ondes : pour chacune des trois ondes citées dans le texte, préciser en justifiant, s'il s'agit d'une onde transversale ou d'une onde longitudinale.
2. La Terre a tremblé en France le 24 août 2006 à 20 h 01 min 00 s TU (temps universel). L'épicentre du séisme était proche de la ville de 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  $v = 6,21 \text{ km.s}^{-1}$ .

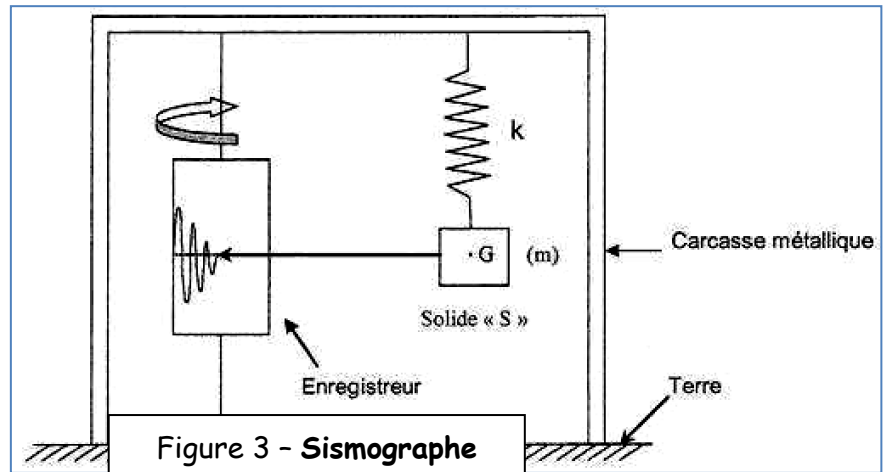
2. L'onde réfléchiée par la première limite hétérogène rencontrée est détectée par le premier capteur au bout d'une durée égale, entre l'instant d'émission et l'instant de réception, à 0,580 s. En déduire la profondeur  $h$  de la première couche.

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 réfléchiée, 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.

On peut montrer que la période du mouvement sinusoïdal d'une masse  $m$  soumise à une force de rappel de constante de raideur  $k$ , peut s'écrire :  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ .

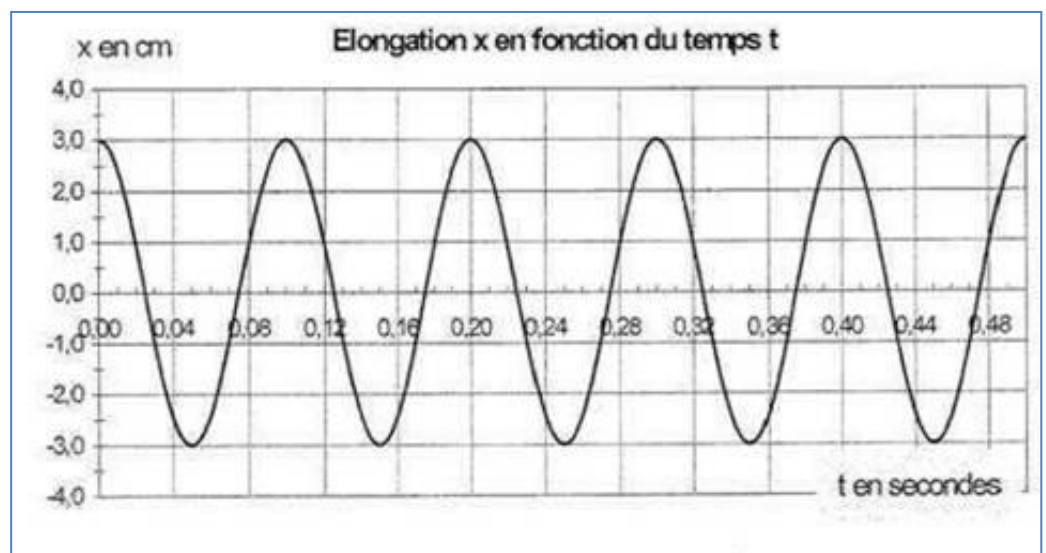
2.1. Quelle est l'expression de la pulsation du mouvement ?

2.2. Sur la courbe ci-dessous, a été enregistrée l'évolution de  $x$  en fonction du temps  $t$ .

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

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

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



### 3. Étude du sismographe

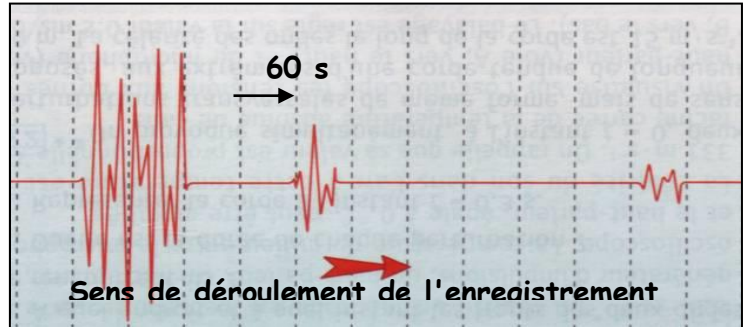
3.1. Dans le sismographe représenté **Figure 3**, l'onde sismique ébranle la carcasse métallique et met en mouvement oscillatoire périodique la partie supérieure du ressort. À quelle fréquence  $f_s$  le système « solide S + ressort » se met-il à osciller si l'onde sismique est celle produite par le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

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  $\Delta t$  entre les dates d'arrivée de ces ondes.

2°) Soient  $\tau_p$  et  $\tau_s$  les durées de parcours des deux types d'ondes de fond. Exprimer ces durées en fonction des célérités respectives  $v_p$  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 ?



c- Citer au moins deux causes d'incertitude sur la détermination de cette position.