

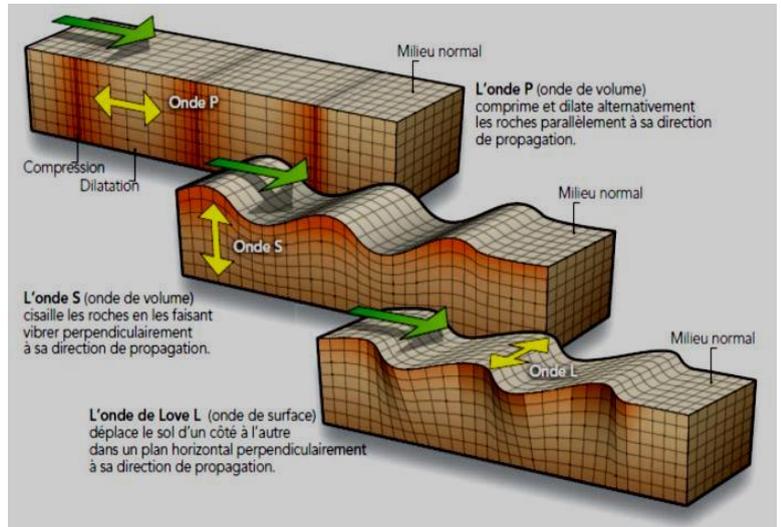
**CALCULATRICE INTERDITE**

**Durée 2 h**

Le plus grand soin sera apporté à la justification des réponses et les questions doivent être toutes correctement numérotées. **Ne pas rendre** l'énoncé avec la copie.

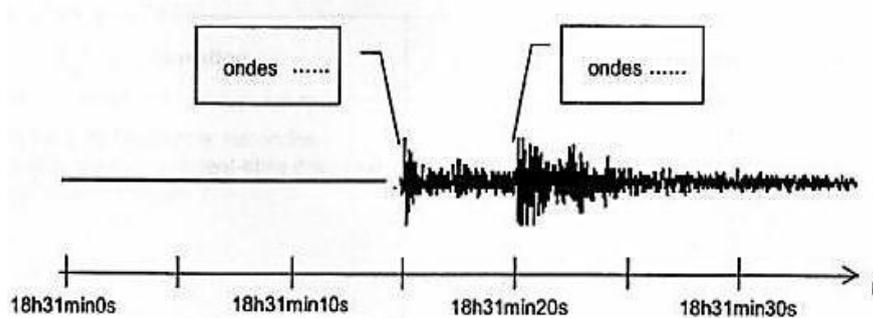
**EXERCICE N° 1 : Les ondes sismiques (8 points)**

**Document 1 :** les ondes sismiques naturelles produites par les tremblements de Terre sont des ondes élastiques qui se propagent 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.



**Document 2 :** parmi les ondes sismiques, on distingue :  
 - les ondes P ou ondes primaires, qui sont des ondes de compression; leur célérité  $v_P$  vaut en moyenne  $v_P = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$ .  
 - les ondes S ou ondes secondaires, qui sont des ondes de cisaillement ; leur célérité  $v_S$  vaut en moyenne  $v_S = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$ .

**Document 3 :** lors d'un séisme, les ondes sismiques traversent la Terre. Elles se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismographes. 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. Un extrait du sismogramme relevé après le séisme du 23 février 2004 à Roulans, ville située à 20 km de Besançon, est donné ci-dessous.

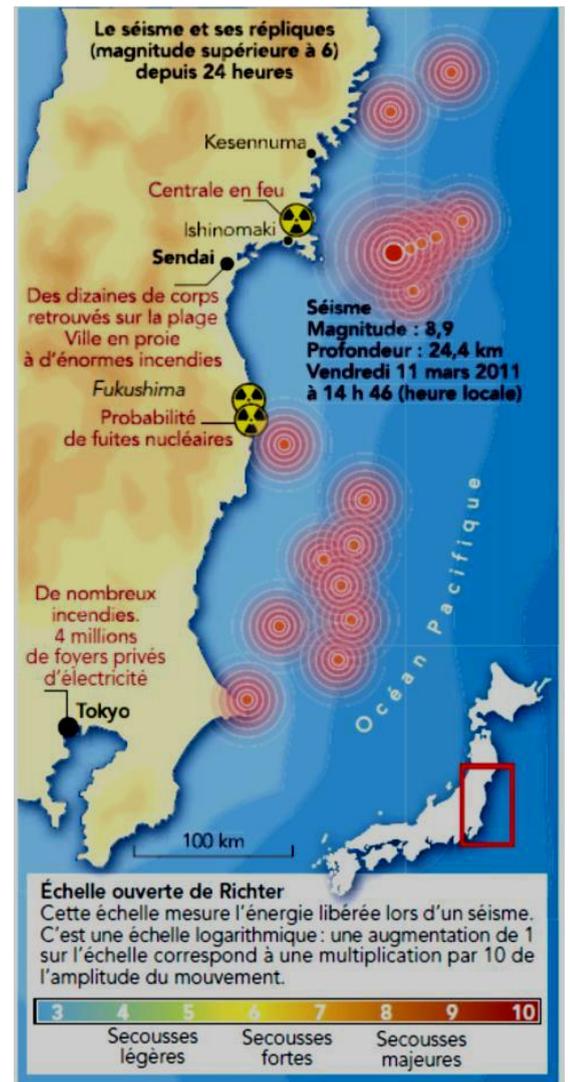


**Document 4 :** la magnitude d'un séisme traduit l'énergie libérée par le séisme. La magnitude de Richter est la plus connue. Si  $M_1$  et  $M_2$  sont les magnitudes de deux séismes,  $A_1$  et  $A_2$  leur amplitude respective et  $E_1$  et  $E_2$  leur énergie respective alors :

$$M_2 - M_1 = \log\left(\frac{A_2}{A_1}\right) = \frac{2}{3} \cdot \log\left(\frac{E_2}{E_1}\right)$$

Augmenter la magnitude d'une unité signifie que l'énergie libérée est multipliée par environ 30.

**Document 5 :** infographie parue sur le site «lemonde.fr» et présentant le séisme du 11 mars 2011 au large du Japon.



1. Définir une onde longitudinale et une onde transversale.

2. Parmi les ondes P, S et L (document 1) indiquer, en justifiant, celles qui sont longitudinales et celles qui sont transversales.

Dans la suite, on s'intéresse uniquement aux ondes P et S.

3. À chaque signal observé sur le sismogramme du doc.3, indiquer **sur votre copie**, en justifiant, le type d'ondes détectées (ondes S ou ondes P). Quelles sont les dates  $t_s$  et  $t_p$  d'arrivées respectives des ondes S et P à la station d'enregistrement, en heure, minute et seconde ?

4. Soit  $d$  la distance qui sépare la station d'enregistrement de l'épicentre du séisme.

Exprimer la célérité  $v_s$  des ondes S en fonction de  $d$  et des dates  $t_0$  (date du début du séisme) et  $t_s$ .

Faire de même pour les ondes P avec les dates  $t_0$  et  $t_p$ .

5. En déduire que l'expression de  $d$  en fonction de  $v_s$ ,  $v_p$ ,  $t_s$  et  $t_p$  est : 
$$d = \frac{v_p \cdot v_s}{v_p - v_s} (t_s - t_p)$$

6. Calculer la distance  $d$  de la station à l'épicentre.

7. Justifier la phrase : « augmenter la magnitude d'une unité signifie que l'énergie libérée est multipliée par environ 30 ».

8. L'indication donnée en bas du document 5 est-elle correcte ? Justifier.

**Aide au calcul** :  $10^{1,5} \approx 30$  ;  $\frac{1}{2,5} = \frac{4}{10} = 0,4$

**Formulaire** :  $y = \log(x) \Leftrightarrow x = 10^y$

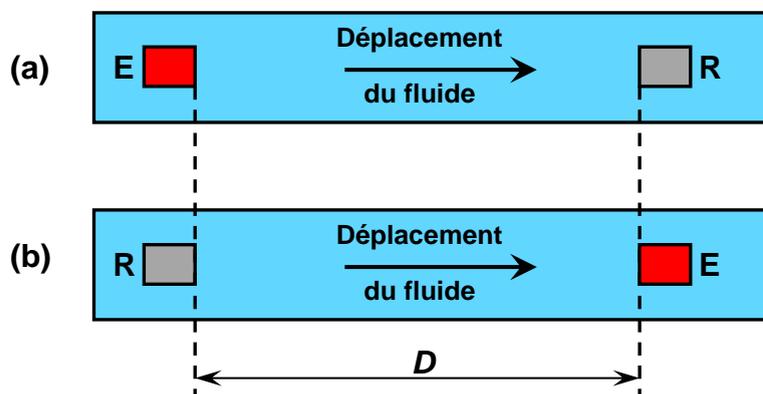
## EXERCICE N° 2 : Mesure d'une vitesse d'écoulement (6 points)

Il est possible de mesurer la vitesse d'écoulement d'un fluide (liquide ou gaz) dans une canalisation en utilisant des ondes ultrasonores.

La vitesse de propagation de l'onde ultrasonore  $\vec{v}$  dans un fluide en mouvement s'exprime en fonction de la vitesse du fluide  $\vec{v}_f$  et de la vitesse de l'onde  $\vec{v}_0$  dans ce même fluide lorsqu'il est à l'équilibre par :

$$\vec{v} = \vec{v}_f + \vec{v}_0$$

Un émetteur ultrasonore E émet des ondes qui sont reçues au bout d'une durée  $\Delta t$  par un récepteur R situé à une distance  $D$  de l'émetteur. L'émetteur E est soit en amont du récepteur R **(a)**, soit en aval **(b)**.



Lorsque l'émetteur est en amont, la durée de propagation est  $\Delta t_1$  ; s'il est en aval, cette durée est  $\Delta t_2$ .

1. Exprimer la valeur de la vitesse  $v$  de l'onde ultrasonore en fonction de  $v_0$  et de  $v_f$  dans les deux cas.
2. Exprimer  $\Delta t_1$  et  $\Delta t_2$  en fonction de  $v_0$ ,  $v_f$  et  $D$ . Quelle est la plus petite durée ?
3. Montrer que l'écart entre ces durées est :  $\Delta t = \frac{2 \cdot D \cdot v_f}{v_0^2 - v_f^2}$ .
4. En supposant la vitesse  $v_f$  d'écoulement du fluide négligeable devant la vitesse  $v_0$  des ondes ultrasonores, montrer que  $v_f$  vérifie  $v_f \approx \frac{v_0^2 \cdot \Delta t}{2D}$ .
5. Au cours d'une expérience dans l'eau, pour  $D = 2,00$  m, on mesure  $\Delta t = 4,00$   $\mu$ s. Quelle est la valeur de  $v_f$  si  $v_0 = 1500$  m·s<sup>-1</sup> ? L'hypothèse faite à la question 4. est-elle satisfaite ?
6. Quelles peuvent être les sources d'incertitudes dans cette méthode de mesure de la vitesse du fluide ?

**Aide au calcul** :  $1,5^2 = 2,25$

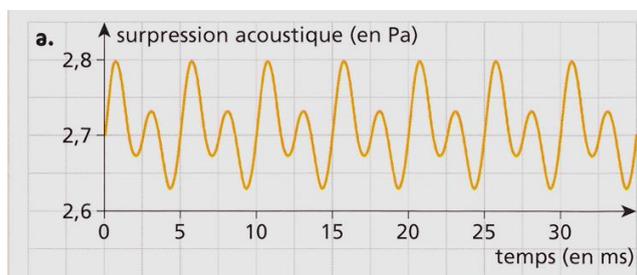
### EXERCICE N° 3 : Guitare classique ou guitare folk (6 points)

Une guitare possède en général 6 cordes pouvant être de différents types. Une guitare classique possède trois cordes en nylon pur et trois autres en nylon et métal. Les cordes des guitares folk sont en métal, recouvertes de bronze, d'argent ou de nickel. Les sons émis par ces deux guitares diffèrent donc largement car un son métallique est plus riche en harmoniques qu'un son obtenu avec une corde en nylon : une même note jouée par chaque instrument seul est ressentie différemment par un être humain. Le  $so_2$  (joué par la troisième corde frappée à vide) est ici comparé par les deux types de guitare.

Pour chaque guitare, le son est enregistré par un microphone à l'aide d'une interface d'acquisition (doc 1.a et doc 1.b).

Le logiciel permet d'afficher le spectre en fréquences de chaque son (doc 2.a et 2.b).

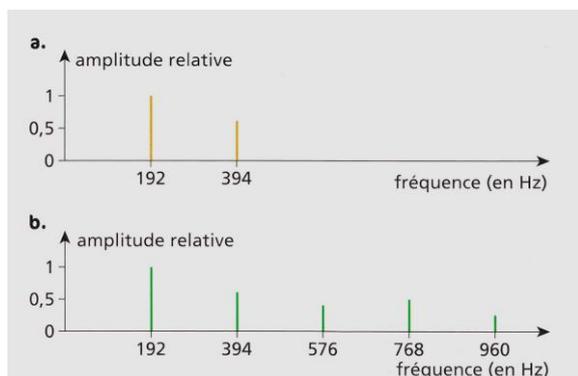
Un sonomètre a permis de mesurer le niveau sonore des deux guitares placées à un mètre de celles-ci : pour la guitare classique  $L_1 = 59$  dB et pour la guitare folk  $L_2 = 52$  dB.



Doc 1.a Signal temporel pour la guitare classique



Doc 1.b pour la guitare folk



Doc 2.a : Spectre en fréquences pour la guitare classique

Doc 2.b : Spectre en fréquences pour la guitare folk

1. **a.** En analysant les deux signaux temporels, évaluer le caractère pur ou complexe des deux sons enregistrés.  
**b.** Quelle est la conséquence de ce caractère sur les spectres en fréquences des deux sons ?
2. À l'aide des signaux temporels, mesurer la période  $T$  du son émis par chaque guitare. Calculer la fréquence  $f$  correspondante.
3. Où apparaît cette fréquence sur le spectre en fréquences de chaque son ? Comment se nomme-t-elle ?
4. Quel caractère physiologique commun possèdent les deux sons ?
5. **a.** Qu'est ce qui différencie les signaux temporels ? Quelle caractéristique physiologique du son cela met-il en évidence ?  
**b.** À quelle phrase de l'énoncé cela se rapporte-t-il ?
6. Comment cela se traduit-il sur le spectre en fréquence ?
7. Lequel des deux instruments est le plus riche en harmoniques ? L'énoncé est-il en accord avec le résultat trouvé ?
8. **a.** On note  $I_0$  l'intensité de référence correspondant à l'intensité minimale audible :  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ . Donner l'expression du niveau sonore, exprimée en décibels, d'une source sonore donnant une intensité  $I$  en  $\text{W.m}^{-2}$ .  
**b.** Calculer les intensités sonores  $I_1$  et  $I_2$  correspondant respectivement aux niveaux sonores  $L_1$  et  $L_2$ .
9. Si les deux guitares avaient joué en même temps et dans les mêmes conditions que précédemment, quel aurait été le niveau sonore mesuré ? On fera l'hypothèse qu'en un point les intensités sonores s'additionnent.

**Donnée** :  $L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$  avec  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

**Aide au calcul** :  $10^{5,9} = 7,9 \cdot 10^5$  ;  $10^{5,2} = 1,6 \cdot 10^5$  ;  $\log(9,5 \cdot 10^5) = 6,0$