

Nom :

TS 1

CONTRÔLE DE SCIENCES PHYSIQUES

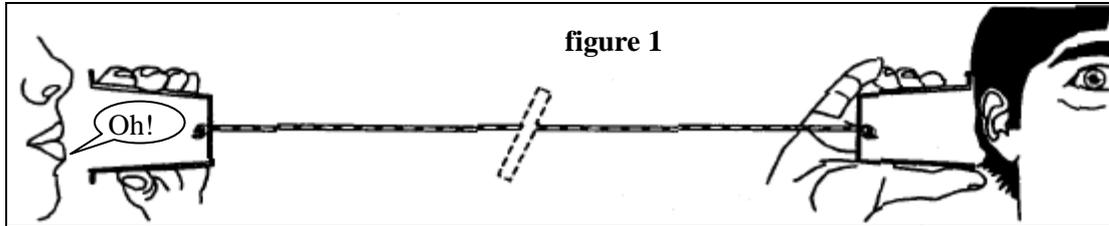
08/10/09

Lors de la correction il sera tenu compte de la présentation et de la rédaction de la copie.

Les réponses seront **expliquées** et données sous forme **littérale** puis **numérique** quand les données du texte le permettent.

### Exercice 1 : téléphone pot de yaourt (11 points) *D'après bac Amérique du Nord, juin 2005 et livre page 37*

*A l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien plus archaïque...*



*L'onde sonore produite par le premier interlocuteur fait vibrer le fond du pot de yaourt, le mouvement de va et vient de celui-ci, imperceptible à l'œil, crée une perturbation qui se propage le long du fil. Cette perturbation fait vibrer le fond du second pot de yaourt et l'énergie véhiculée par le fil peut être ainsi restituée sous la forme d'une onde sonore perceptible par un second protagoniste.*

**Données:** célérité du son dans l'air à 25°C  $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

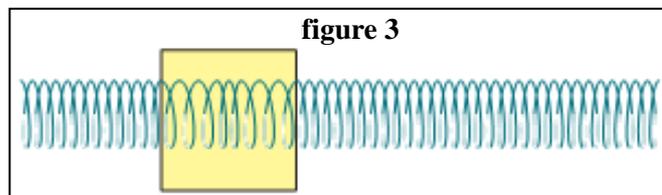
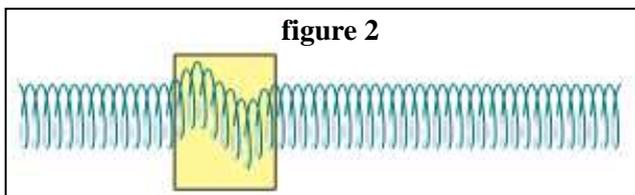
#### A – A PROPOS DES ONDES

**A.1.** Identifier la chaîne des différents milieux de propagation des ondes mécaniques au sein du dispositif : de la bouche de la personne qui parle, à l'oreille de la personne qui écoute (figure 1).

/1

*Ce fil légèrement élastique peut être modélisé par un ressort à spires non jointives.*

*Les schémas suivants illustrent les conséquences de deux modes de déformation d'un ressort: l'écartement d'une extrémité du ressort selon une direction perpendiculaire à l'axe de celui-ci produit une onde de cisaillement (figure 2), alors qu'une déformation selon l'axe du ressort produit une onde de compression (figure 3).*



**A.2.** Attribuer, à chacune des situations représentées sur les figures 2 et 3, les termes d'onde longitudinale et d'onde transversale. Justifier votre réponse.

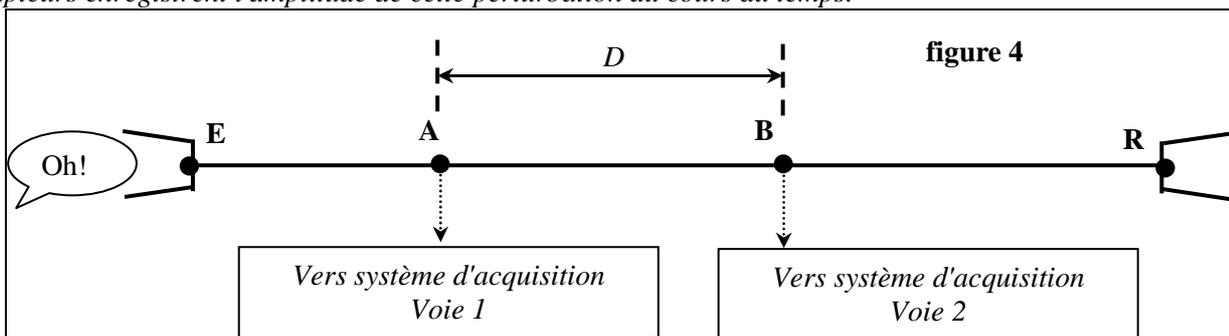
/1

*Seul le second mode de déformation (figure 3) correspond au phénomène observé sur le fil du dispositif étudié par la suite.*

#### B – CELERITE DE L'ONDE QUI SE PROPAGE LE LONG DU FIL

*A 25°C, on réalise le montage suivant (figure 4), afin de mesurer la célérité des ondes sur le fil du dispositif. Deux capteurs, reliés en deux points A et B distants de  $D = 20 \text{ m}$  sur le fil, du pot de yaourt émetteur E.*

*Les capteurs enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps.*



**B.1.** A partir de l'enregistrement (figure 5 ci-dessous), déterminer avec quel retard  $\tau$ , par rapport au point A, le point B est atteint par le signal. /1

**B.2.** Donner l'expression de la célérité  $v$  de l'onde sur ce fil en fonction de  $D$  et  $\tau$ .  
Calculer sa valeur.

Comparer cette valeur à celle de la célérité du son dans l'air à 25°C. Quelle propriété des ondes justifie ce résultat ? /1,5

Le fil ER de longueur  $L = 50$  m est assimilé à un ressort de constante de raideur  $k = 20 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-2}$  et de masse linéique  $\mu = 1,0 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$ . Dans le cas d'un fil, le produit  $k\cdot L$  est une constante caractéristique du milieu de propagation.

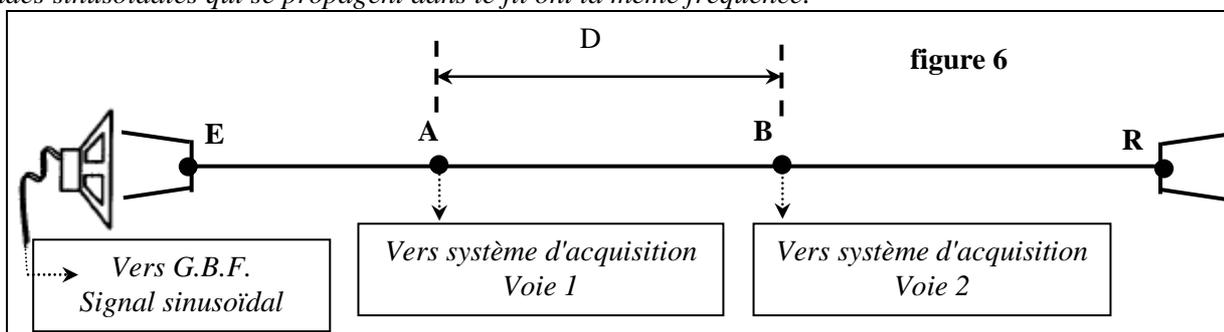
**B.3.** Un modèle simple de la célérité  $v$  d'une onde de ce type correspond à l'une des expressions suivantes :

$$(1) \quad v = \sqrt{\frac{\mu}{k \cdot L}} \qquad (2) \quad v = \sqrt{\frac{k \cdot L}{\mu}} \qquad (3) \quad v = \frac{k \cdot L}{\mu}$$

Retrouver la bonne expression parmi celles proposées en effectuant une analyse dimensionnelle. /1,5

**B.4.** Calculer la célérité de l'onde sur le fil ER. /1

Une autre méthode, permettant de déterminer la célérité  $v$  de l'onde se propageant dans le fil, consiste à placer, devant le pot de yaourt émetteur, un haut parleur (figure 6) qui émet des ondes sonores sinusoïdales de fréquence  $f_E$ . Les ondes sinusoïdales qui se propagent dans le fil ont la même fréquence.



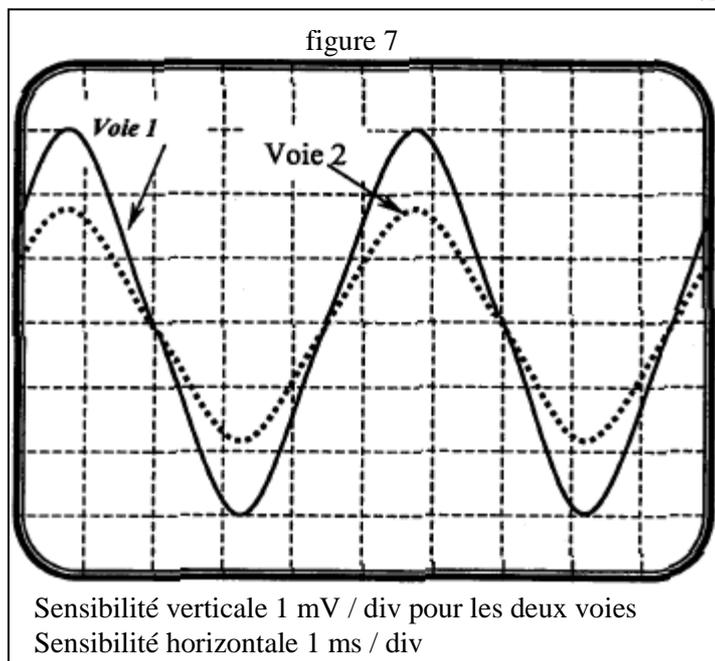
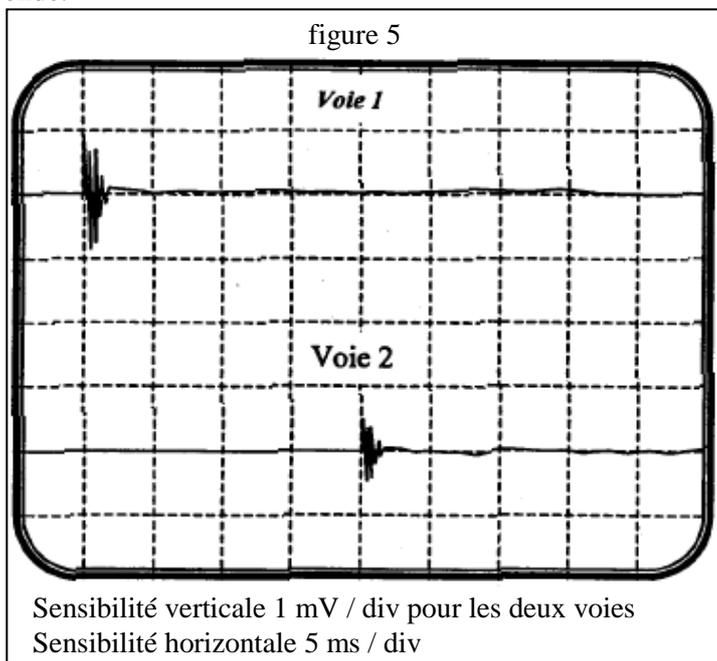
Lorsque la distance  $D$  est égale à 20,0 m, on obtient l'enregistrement de la figure 7 ci-dessous.

**B.5.** Comment peut-on expliquer que l'amplitude du signal au point B (voie 2) soit plus faible que l'amplitude du signal au point A (voie 1) ? /1

**B.6.** À partir de l'enregistrement de la figure 7, déterminer la fréquence de l'onde qui se propage dans le fil. /1

**B.7.** Lorsque l'on éloigne le point B, du point A, on constate que les signaux se retrouvent dans la même configuration pour les valeurs consécutives de la distance :  $D = 25,0$  m,  $D = 30,0$  m,  $D = 35,0$  m ...

En déduire la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  associée à l'onde qui se propage dans le fil, puis la célérité  $v$  de cette onde. /2



## Exercice 2 : Déterminer un temps de demi-réaction (9 points) *D'après exercice résolu page 79 du livre...*

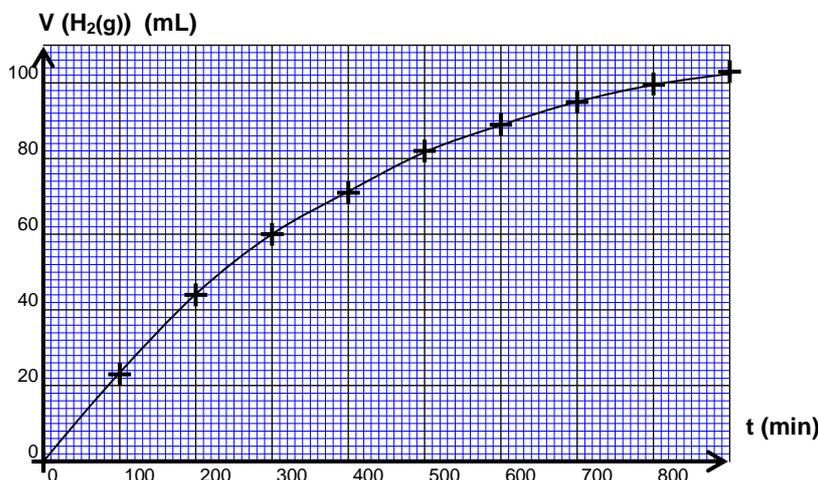
L'acide chlorhydrique,  $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ , réagit sur l'aluminium selon une réaction totale qui fournit du dihydrogène,  $\text{H}_2(\text{g})$  et des ions aluminium III,  $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ . A l'instant  $t = 0$ , on introduit une masse  $m = 0,80 \text{ g}$  d'aluminium en grenaille dans un ballon contenant un volume  $V = 60,0 \text{ mL}$  d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_A = 0,180 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . On recueille le gaz dihydrogène formé au cours du temps et on mesure son volume  $V(\text{H}_2(\text{g}))$ . On obtient ainsi la courbe ci-dessous.

**Données :**

- couples d'oxydoréduction :  $\text{Al}^{3+}(\text{aq})/\text{Al}(\text{s})$        $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})$

-  $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

-  $V_m = 22,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$



- Définir une réaction d'oxydoréduction et une réaction acido-basique. /1
- Ecrire l'équation de la réaction correspondant à l'expérience décrite ci-dessus. /1
- Calculer les quantités de matière initiales des réactifs. /1
- Compléter le tableau d'avancement correspondant. /1

équation					
état	avancem <sup>t</sup>	$n(\text{H}^+(\text{aq}))$	$n(\text{Al}(\text{s}))$	$n(\text{H}_2(\text{g}))$	$n(\text{Al}^{3+}(\text{aq}))$
initial	$x = 0$				
intermed.	$x$				
final	$x_{\text{max}}$				

- Quelle sera la valeur de l'avancement maximal,  $x_{\text{max}}$  ? /1
- Quelle indication du texte permet d'affirmer que l'avancement final sera égal à l'avancement maximal ? /0,5
- Montrer que le volume final de dihydrogène obtenu sera  $V_f(\text{H}_2(\text{g})) = 0,119 \text{ L}$ . /0,5
- Définir le temps de demi-réaction,  $t_{1/2}$ , puis déterminer sa valeur numérique. /1
- Pour tracer la courbe représentant l'avancement en fonction du temps on a besoin d'exprimer l'avancement  $x$  en fonction du volume  $V(\text{H}_2(\text{g}))$  mesuré.
  - Etablir cette expression /1
  - Que pensez-vous de l'allure de la courbe représentant  $x$  en fonction du temps par rapport à l'allure de la courbe représentant  $V(\text{H}_2(\text{g}))$  en fonction du temps ? /1

**Exercice 1 : téléphone pot de yaourt** (11 points)

D'après bac Amérique du Nord, juin 2005 et livre page 37

**A.1.** L'onde sonore se propage d'abord dans l'air, puis dans le fond du 1<sup>er</sup> pot de yaourt, ensuite dans le fil, puis dans le fond du 2<sup>nd</sup> pot de yaourt et finalement dans l'air.

**A.2.** Figure 2 : **Onde transversale**, la direction de la perturbation (verticale) est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (horizontale).

Figure 3: **Onde longitudinale**, la direction de la perturbation est la même que la direction de propagation de l'onde.

**B.1.** Sur la figure 5 on observe un retard  $\tau = 4,0 \text{ div} \times 5 \text{ ms/div}$  donc  $\tau = 20 \text{ ms}$

**B.2.**  $v = \frac{D}{\tau}$  soit  $v = \frac{20}{20 \cdot 10^{-3}}$  donc  $v = 1,0 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

La célérité de l'onde le long de la corde est **supérieure** à celle dans l'air.

La célérité d'une onde **dépend du milieu de propagation**.

**B.3.** Dans le système international (S.I.) : - la masse linéique  $\mu$  s'exprime en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$   
 - la constante  $k$  s'exprime en  $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$   
 - la longueur  $L$  s'exprime en m.

On a donc les unités suivantes :

expression proposée	(1) $\sqrt{\frac{\mu}{k \cdot L}}$	(2) $\sqrt{\frac{k \cdot L}{\mu}}$ ,	(3) $\frac{k \cdot L}{\mu}$ ,
unité	$(\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}/(\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}))^{1/2}$ $= \text{s}\cdot\text{m}^{-1}$	$(\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}))^{1/2}$ $= \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-1})$ $= \text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$

L'expression 2 est homogène à une célérité car son unité S.I. est le  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**B.4.**  $v = \sqrt{\frac{k \cdot L}{\mu}}$  soit  $v = \sqrt{\frac{20 \times 50}{1,0 \cdot 10^{-3}}}$  =  $1,0 \cdot 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Ce résultat est conforme à celui obtenu par l'expérience.

**B.5.** Le point A est plus proche de l'émetteur (haut-parleur) que ne l'est le point B. L'onde est amortie au cours de sa propagation. L'amplitude de la perturbation diminue lorsque l'onde s'éloigne de la source vibratoire.

**B.6.** Sur la figure 7 on observe une période  $T = 5,0 \text{ div} \times 1 \text{ ms/div}$  soit  $T = 5,0 \text{ ms}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5,0 \times 10^{-3}} \text{ soit } f = 2,0 \times 10^2 \text{ Hz}$$

**B.7.** Les signaux se retrouvent dans la même configuration lorsque  $D = n \cdot \lambda$  avec  $n$  entier. Ici  $D = n \times 5,00$  donc  $\lambda = 5,00 \text{ m}$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \text{ donc } v = 5,00 \times 2,10^2 \text{ soit } v = 1,10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

**Exercice 2 : Déterminer un temps de demi-réaction** (9 points)

D'après exercice résolu page 79 du livre...

**1.** Une réaction d'oxydoréduction est caractérisée par un **transfert d'électrons**.

Une réaction acido-basique est caractérisée par un **transfert d'ions H<sup>+</sup>**.

**2.** couple  $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$      $\text{Al} = \text{Al}^{3+} + 3 \text{ e}^-$

et couple  $\text{H}^+/\text{H}_2$      $2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^- = \text{H}_2$

Équation de la réaction :  $6 \text{ H}^+(\text{aq}) + 2 \text{ Al}(\text{s}) = 3 \text{ H}_2(\text{g}) + 2 \text{ Al}^{3+}(\text{aq})$

**3.**  $n_i(\text{H}^+) = C_A \cdot V_A = 0,180 \times 60,0 \times 10^{-3} = 10,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$n_i(\text{Al}) = \frac{m}{M(\text{Al})} = \frac{0,80}{27,0} = 30 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

**4.** Tableau d'avancement (en mol)

équation		$6 \text{ H}^+(\text{aq})$	$+ 2 \text{ Al}(\text{aq})$	$= 3 \text{ H}_2(\text{g})$	$+ 2 \text{ Al}^{3+}(\text{aq})$
état	avancem <sup>t</sup>	$n(\text{H}^+(\text{aq}))$	$n(\text{Al}(\text{s}))$	$n(\text{H}_2(\text{g}))$	$n(\text{Al}^{3+}(\text{aq}))$
initial	$x = 0$	$10,8 \times 10^{-3}$	$30 \times 10^{-3}$	0	0
intermed.	$x$	$10,8 \times 10^{-3} - 6x$	$30 \times 10^{-3} - 2x$	$3x$	$2x$
final	$x_{\text{max}}$	$10,8 \times 10^{-3} - 6x_{\text{max}}$	$30 \times 10^{-3} - 2x_{\text{max}}$	$3x_{\text{max}}$	$2x_{\text{max}}$

**5.** Si  $\text{H}^+$  est le réactif limitant :  $x_{\text{max}} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Si  $\text{Al}$  est le réactif limitant :  $x_{\text{max}} = 15 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Donc **H<sup>+</sup> est le réactif limitant** et  $x_{\text{max}} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$

**6.** Le texte indique "**réaction totale**" donc le réactif limitant sera entièrement consommé et donc  $x_{\text{fin}} = x_{\text{max}} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$

**7.**  $V_f(\text{H}_2(\text{g})) = n_f(\text{H}_2(\text{g})) \cdot V_m = 3x_{\text{max}} \cdot V_m = 3 \times 1,8 \times 10^{-3} \times 22,0 = 0,119 \text{ L}$

**8.** Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne **la moitié de sa valeur finale**.

Le volume dégagé à  $t_{1/2}$  sera donc égal à la moitié du volume final soit 59 mL.

Graphiquement il vient  $t_{1/2} \approx 300 \text{ min}$ .

**9.a.** D'après le tableau on a :  $n(\text{H}_2(\text{g})) = 3x$  donc  $x = \frac{n(\text{H}_2(\text{g}))}{3}$

$$\text{Et } n(\text{H}_2(\text{g})) = \frac{V(\text{H}_2(\text{g}))}{V_m} \text{ donc } x = \frac{V(\text{H}_2(\text{g}))}{3V_m}$$

**9.b.** L'avancement  $x$  est proportionnel au volume de dihydrogène  $V(\text{H}_2(\text{g}))$  dégagé donc les deux courbes ont la même allure, pour passer des valeurs de  $V(\text{H}_2(\text{g}))$  aux valeurs de  $x$  il suffit de les diviser par  $3V_m$ . C'est un simple changement d'échelle.