Autour de la voiture

Bac S 2008 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.1 Partie A. Donner la définition d'une onde mécanique progressive.

Une onde mécanique progressive est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, avec transport d'énergie mais sans transport de matière.

PIÈGE
Oublier « milieu matériel » ou « sans transport de matière » : ce sont les deux mots-clés attendus.

1.2 Partie A. Pourquoi une communication par onde sonore entre la Terre et la Lune ne serait-elle pas possible ?

Une onde sonore est une onde mécanique : elle a besoin d'un milieu matériel pour se propager. Or l'espace entre la Terre et la Lune est pratiquement vide.

Sans milieu matériel, le son ne peut pas se propager de la Terre à la Lune.

1.3 Partie A. Donner un exemple d'onde pouvant se propager dans le vide.

La lumière (comme toute onde électromagnétique : ondes radio, rayons X…) se propage dans le vide.

1.4 Partie A. La perturbation est parallèle à la direction de propagation : comment qualifier ces ondes ?

Ce sont des ondes **longitudinales**.

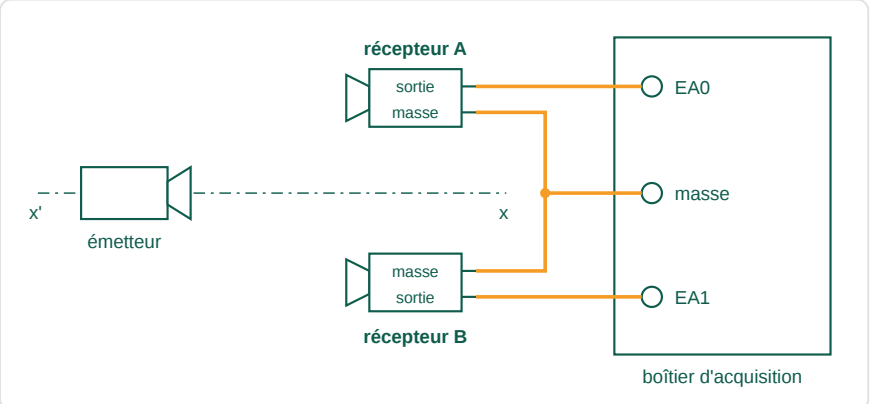
COMPRENDRE
À l'inverse, une onde est transversale quand la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation (corde, surface de l'eau).

2.1 Partie A. Compléter le schéma du montage en faisant apparaître les branchements vers le boîtier d'acquisition.

La sortie du récepteur A est reliée à la voie EA0, celle du récepteur B à la voie EA1. Les masses des deux récepteurs sont reliées à la masse du boîtier.

Sortie de A sur EA0, sortie de B sur EA1, masses reliées à la masse du boîtier.

PIÈGE
Oublier les fils de masse : une tension se mesure entre deux points, chaque récepteur demande donc deux fils.

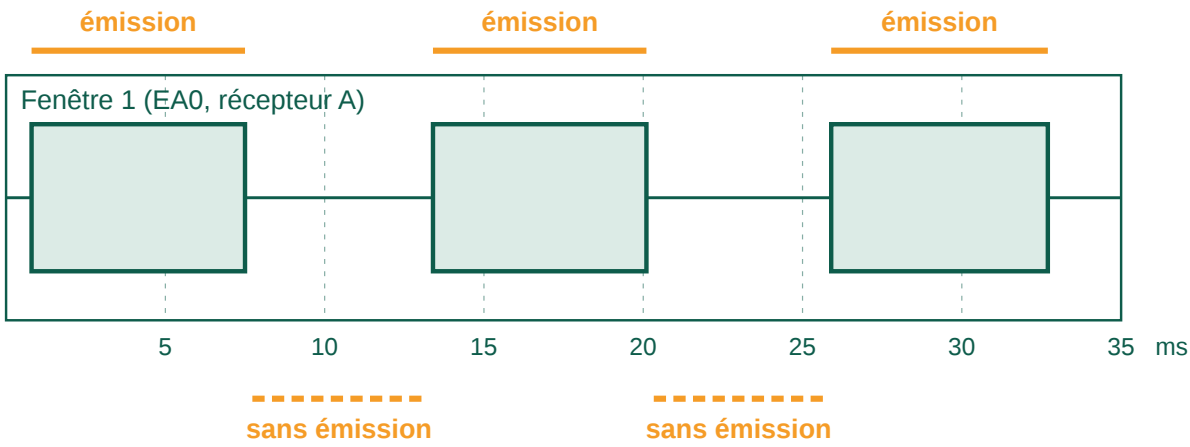


2.1 · Annexe complétée : branchements (en orange) vers le boîtier d'acquisition

2.2 Partie A. Identifier dans la fenêtre 1 les zones d'émission sonore et les zones sans émission.

Quand le récepteur capte les ultrasons, la tension oscille avec une grande amplitude (environ 150 mV) : ce sont les salves. Entre deux salves, la tension reste pratiquement nulle : il n'y a pas d'émission.

Émission : d'environ 1 à 7,5 ms, de 13,5 à 20 ms et de 26 à 33 ms ; pas d'émission entre ces intervalles.

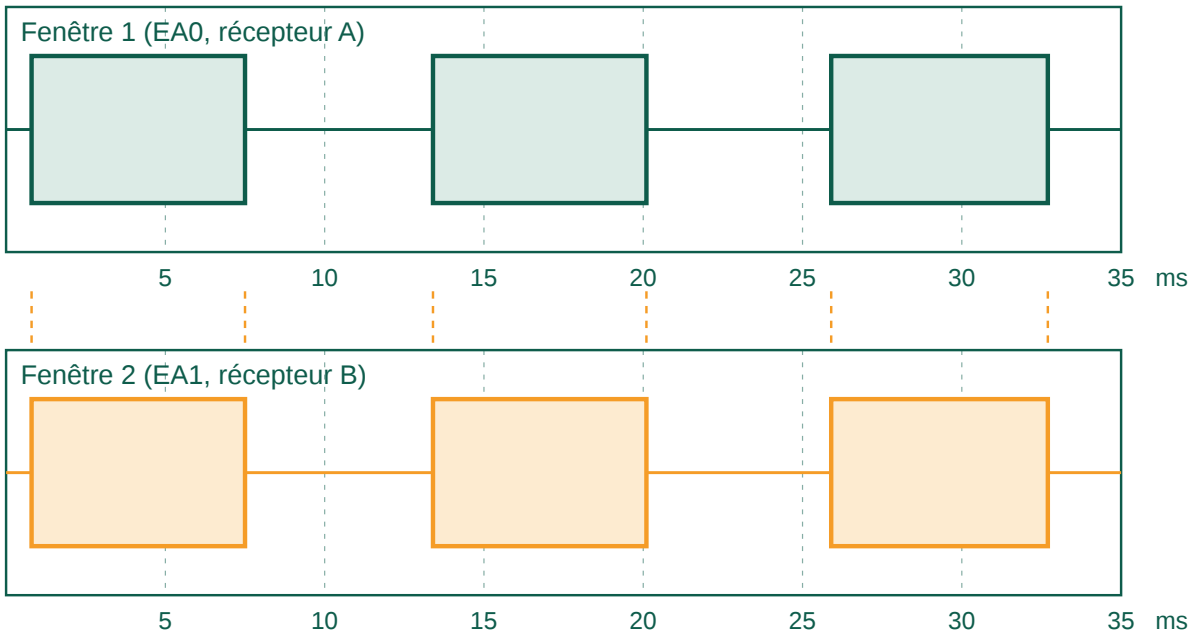


2.2 · Fenêtre 1 (enveloppes) : zones d'émission et zones sans émission

2.3 Partie A. Positionner les enveloppes des salves dans la fenêtre 2 de la figure 1.

Les récepteurs A et B sont côte à côte, à la même distance de l'émetteur : l'onde les atteint au même instant, avec la même amplitude.

Les enveloppes de la fenêtre 2 sont identiques à celles de la fenêtre 1 et occupent les mêmes dates.



2.3 · Fenêtre 2 complétée (en orange) : mêmes enveloppes, aux mêmes dates que dans la fenêtre 1

2.4 Partie A. Indiquer sur la figure 2 le retard Δt et le mesurer.

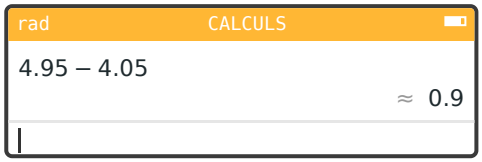
Le signal apparaît à $t_A \approx 4{,}05$ ms dans la fenêtre 1 et à $t_B \approx 4{,}95$ ms dans la fenêtre 2.

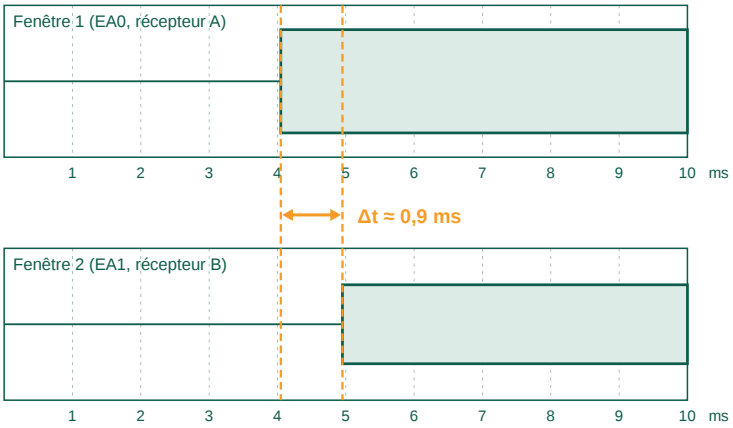
$\Delta t = t_B - t_A = 4{,}95 - 4{,}05$

$\Delta t \approx 0{,}9$ ms

MÉTHODE
Repérer le début de la salve dans chaque fenêtre avec une règle, puis convertir à l'aide de l'échelle mesurée sur l'axe (longueur de 10 ms). La lecture reste précise à 0,1 ms près.

À LA CALCULATRICE





2.4 · Figure 2 (enveloppes) : le retard Δt sépare les débuts de réception en A et en B

2.5 Partie A. En déduire la valeur V_1 de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.

Données utiles $d = 0{,}3$ m ; $\Delta t = 0{,}9$ ms (2.4)

L'onde parcourt la distance d séparant les récepteurs pendant la durée Δt :

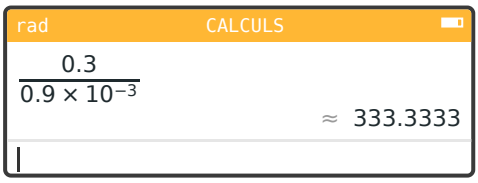
$$V_1 = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0{,}3}{0{,}9 \times 10^{-3}} = 3{,}3 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$V_1 \approx 3 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Laisser Δt en millisecondes : on obtiendrait une célérité mille fois trop petite.

COMPRENDRE
$d = 0{,}3$ m n'a qu'un chiffre significatif : le résultat s'écrit avec un seul chiffre. L'ordre de grandeur est bien celui de la célérité du son dans l'air (environ 340 m·s⁻¹).

À LA CALCULATRICE



2.6 Partie A. Obtiendrait-on le même résultat pour la célérité en utilisant l'eau à la place de l'air ? Justifier.

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

Non : dans l'eau, la célérité des ultrasons est différente (elle est plus grande que dans l'air).

3.1 Partie A. Déterminer la période et en déduire la fréquence des ultrasons.

Données utiles figure 3 ; sensibilité horizontale : 10 µs·div^{-1}

Sur la figure 3, trois périodes occupent 7,5 divisions :

$3T = 7{,}5 \times 10 = 75\ \mu s$, donc $T = 25\ \mu s = 2{,}5 \times 10^{-5}$ s.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}5 \times 10^{-5}} = 4{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz}$$

$T = 25\ \mu s$ et $f = 40$ kHz

COMPRENDRE
$f > 20$ kHz : la fréquence est bien supérieure à la limite des sons audibles, il s'agit d'ultrasons.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes (entre deux maximums éloignés) puis diviser : l'erreur de lecture est répartie sur toutes les périodes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{7.5 \times 10}{3} \approx 25$

$\frac{1}{2.5 \times 10^{-5}} \approx 40000$

3.2 Partie A. À la 10e superposition des courbes, la distance entre A et B vaut d_1. Déterminer une grandeur caractéristique de l'onde, que l'on nommera.

Données utiles $d_1 = 8{,}4$ cm

Les deux sinusoïdes se superposent quand les signaux reçus en A et B sont en phase, c'est-à-dire chaque fois que B s'est éloigné d'une **longueur d'onde** λ supplémentaire.

À la 10e superposition : $d_1 = 10\,\lambda$, donc

$$\lambda = \frac{d_1}{10} = \frac{8{,}4}{10} = 0{,}84\ \text{cm}$$

Longueur d'onde : $\lambda = 0{,}84\ \text{cm} = 8{,}4 \times 10^{-3}\ \text{m}$

COMPRENDRE
La longueur d'onde est la plus petite distance séparant deux points du milieu qui vibrent en phase : c'est la période spatiale de l'onde.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{8.4}{10} \approx 0.84$

3.3 Partie A. Utiliser les questions 3.1 et 3.2 pour déterminer une valeur V_2 de la célérité des ultrasons.

Données utiles $\lambda = 8{,}4 \times 10^{-3}$ m (3.2) ; $f = 4{,}0 \times 10^{4}$ Hz (3.1)

Pendant une période T, l'onde progresse d'une longueur d'onde λ :

$$V_2 = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f = 8{,}4 \times 10^{-3} \times 4{,}0 \times 10^{4} = 336\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$V_2 = 3{,}4 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
Cette valeur est compatible avec V_1 et plus précise : mesurer dix longueurs d'onde réduit l'incertitude, alors que $d = 0{,}3$ m n'était connu qu'à un chiffre.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$8.4 \times 10^{-3} \times 4.0 \times 10^{4} \approx 336$

3.4 Partie A. La figure 4 donne le signal capté par B décalé d'une distance d_2 comprise entre 3,5 cm et 4,0 cm. En déduire la valeur de d_2.

Données utiles $\lambda = 0{,}84$ cm (3.2) ; $T = 25\ \mu$s (3.1) ; 10 µs·div^{-1}

Encadrement en longueurs d'onde : $\dfrac{3{,}5}{0{,}84} = 4{,}2$ et $\dfrac{4{,}0}{0{,}84} = 4{,}8$, donc $4{,}2\,\lambda < d_2 < 4{,}8\,\lambda$. Le signal en B a un retard $4T + \tau$ sur celui en A, avec $\tau < T$.

Lecture : par rapport à la figure 3, la courbe de la figure 4 est décalée de 1,3 division vers la droite, soit $\tau = 1{,}3 \times 10 = 13\ \mu$s (les deux signaux sont presque en opposition de phase).

$$d_2 = \left(4 + \frac{\tau}{T}\right)\lambda = \left(4 + \frac{13}{25}\right) \times 0{,}84 = 3{,}8\ \text{cm}$$

$d_2 \approx 3{,}8$ cm, soit environ $4{,}5\,\lambda$

PIÈGE
Le décalage lu sur l'écran ne donne le retard qu'à un nombre entier de périodes près : c'est l'encadrement de d_2 qui impose les 4 périodes entières.

MÉTHODE
Comparer un même point des deux courbes, par exemple le passage par zéro en descendant : vers 1,2 division sur la figure 3, vers 2,5 divisions sur la figure 4.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{3.5}{0.84}$ ≈ 4.166667

$\dfrac{4.0}{0.84}$ ≈ 4.761905

$\left(4 + \dfrac{13}{25}\right) \times 0.84$ ≈ 3.7968

4 Partie A. Une salve réfléchie par un obstacle est détectée par le récepteur après une durée Δt. À quelle distance D de la voiture se trouve l'obstacle ?

Données utiles $\Delta t = 9{,}0$ ms ; $v = 1{,}2 \times 10^3$ km · h^{-1}

Conversion : $v = \dfrac{1{,}2 \times 10^3}{3{,}6} = 3{,}3 \times 10^2$ m · s^{-1}.

La salve fait un aller-retour : elle parcourt $2D$ pendant Δt, donc $2D = v \times \Delta t$.

$$D = \frac{v \times \Delta t}{2} = \frac{\dfrac{1{,}2 \times 10^3}{3{,}6} \times 9{,}0 \times 10^{-3}}{2} = 1{,}5\ \text{m}$$

$D = 1{,}5$ m

PIÈGE
Deux oublis classiques : le facteur 2 de l'aller-retour (on trouverait 3,0 m) et la conversion des km·h^{-1} en m·s^{-1} (division par 3,6).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.2 \times 10^3}{3.6}$ ≈ 333.3333

$\dfrac{\dfrac{1.2 \times 10^3}{3.6} \times 9.0 \times 10^{-3}}{2}$ ≈ 1.5

1 Partie B. On veut diluer 1000 fois l'électrolyte S_0 pour obtenir S_1. Choisir, en justifiant, la verrerie nécessaire.

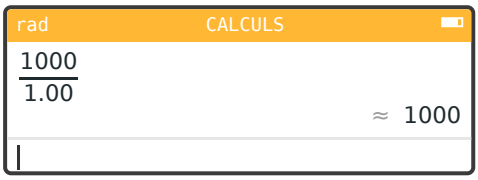
Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve : $c_0 V_0 = c_1 V_1$. Le facteur de dilution est $\dfrac{c_0}{c_1} = \dfrac{V_1}{V_0} = 1000$.

Seul couple possible avec le matériel proposé : $V_0 = 1{,}00$ mL et $V_1 = 1{,}00\ \text{L} = 1000$ mL. On utilise de la verrerie jaugée, la plus précise.

Pipette jaugée de 1,00 mL (prélèvement de S_0, versé dans un bécher de 50 mL) et fiole jaugée de 1,00 L, complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

PIÈGE
Choisir une pipette graduée ou un bécher pour mesurer un volume : pour une dilution précise, prélèvement et volume final se font avec de la verrerie jaugée.

À LA CALCULATRICE



2 Partie B. À partir du pH de la solution S_1, déduire sa concentration en ions oxonium H_3O^+.

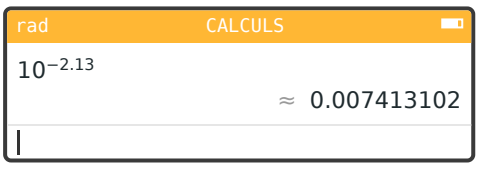
Données utiles $\text{pH} = 2{,}13$

$$[H_3O^+]_1 = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2{,}13} = 7{,}41 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$[H_3O^+]_1 = 7{,}41 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
Un pH donné au centième ne justifie en toute rigueur que deux chiffres significatifs ; on en garde trois ici car le sujet attend $3{,}71\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à la question 4.4.

À LA CALCULATRICE



3 Partie B. En déduire la concentration en ions oxonium de la solution S_0.

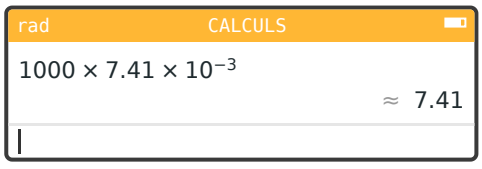
Données utiles $[H_3O^+]_1 = 7{,}41 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (question 2)

S_0 est 1000 fois plus concentrée que S_1 :

$$[H_3O^+]_0 = 1000 \times [H_3O^+]_1 = 1000 \times 7{,}41 \times 10^{-3}$$

$[H_3O^+]_0 = 7{,}41\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

À LA CALCULATRICE



4.1 Partie B. Compléter le tableau d'avancement de la réaction de dissolution de H_2SO_4 dans l'eau.

Les nombres stœchiométriques sont 1 pour H_2SO_4, 2 pour H_3O^+ et 1 pour SO_4^{2-} : pour un avancement x, il disparaît x mol de H_2SO_4 et il se forme $2x$ mol de H_3O^+ et x mol de SO_4^{2-}.

État final : $n_i(H_2SO_4) - x_{max} = 0$; $n_f(H_3O^+) = 2\,x_{max}$; $n_f(SO_4^{2-}) = x_{max}$

Équation		$H_2SO_4(l)$ +	$2\ H_2O(l)$ =	$2\ H_3O^+(aq)$ +	$SO_4^{2-}(aq)$
État initial	0	$n_i(H_2SO_4)$	excès	0	0
Intermédiaire	x	$n_i(H_2SO_4) - x$	excès	$2x$	x
État final	x_{max}	$n_i(H_2SO_4) - x_{max} = 0$	excès	$2x_{max}$	x_{max}

4.1 · Tableau d'avancement complété (quantités en mol, cases remplies en orange)

4.2 Partie B. Établir une relation entre la quantité finale $n_f(H_3O^+)$ et l'avancement maximal x_{max}.

La réaction est totale : l'avancement final est égal à x_{max}. D'après la dernière ligne du tableau :

$$n_f(H_3O^+) = 2\,x_{max}$$

4.3 Partie B. En déduire une relation entre la quantité initiale $n_i(H_2SO_4)$ et la quantité finale $n_f(H_3O^+)$.

L'eau est en excès : H_2SO_4 est le réactif limitant, entièrement consommé. Donc $n_i(H_2SO_4) - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = n_i(H_2SO_4)$.

Avec la relation de la question 4.2 :

$$n_i(H_2SO_4) = \frac{n_f(H_3O^+)}{2}$$

4.4 Partie B. Montrer que la concentration c en soluté H_2SO_4 apporté dans l'électrolyte vaut $3{,}71\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Données utiles $[H_3O^+]_0 = 1000 \times 10^{-2{,}13}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (question 3)

En divisant la relation de la question 4.3 par le volume V de la solution S_0 :

$$c = \frac{n_i(H_2SO_4)}{V} = \frac{n_f(H_3O^+)}{2V} = \frac{[H_3O^+]_0}{2}$$

$$c = \frac{1000 \times 10^{-2{,}13}}{2} = 3{,}71\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$c = 3{,}71\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: c'est bien la valeur annoncée.

PIÈGE
Écrire $c = [H_3O^+]_0$: chaque H_2SO_4 libère deux ions H_3O^+, la concentration en soluté apporté est donc la moitié de celle des ions oxonium.

À LA CALCULATRICE

