



## **Baccalauréat des voies générale et technologique**



### **Épreuve de physique-chimie de série S**

Annales 0 : exemples d'exercices  
[BO n° 27 du 4 juillet 2002](#)

**Physique, enseignement obligatoire :**

**Ondes ultrasonores**

Attention : Les sujets proposés ne sont pas représentatifs de l'ensemble des possibilités offertes par les programmes et ne constituent donc pas une liste fermée de ces possibilités. Aussi doivent-ils être considérés comme des exemples et non comme des modèles.

27 août 2002

## Ondes ultrasonores

### L'usage de la calculatrice est autorisé

On étudie dans cet exercice différents phénomènes liés à la propagation des ultrasons. Dans la première partie, les expériences sont réalisées dans l'air ; dans la seconde partie, on s'intéresse au principe du sonar, le milieu de propagation étant l'eau. On peut décrire sommairement le principe de fonctionnement de l'ensemble émetteur - récepteur d'ultrasons de la manière suivante :

l'émetteur contient une plaquette de céramique qui est mise en vibration par application d'une tension électrique sinusoïdale. Les vibrations de la plaquette sont communiquées au fluide qui l'entoure et engendrent une onde ultrasonore sinusoïdale de fréquence identique à celle de la tension imposée à l'émetteur.

Le récepteur est constitué, comme l'émetteur, d'une plaquette de céramique réceptrice qui détecte l'onde ultrasonore venant de l'émetteur. La tension électrique qui apparaît aux bornes du récepteur est de même fréquence que l'onde détectée. Cette tension est proportionnelle à la pression exercée par le fluide (ici l'air ou l'eau) sur la plaquette réceptrice.

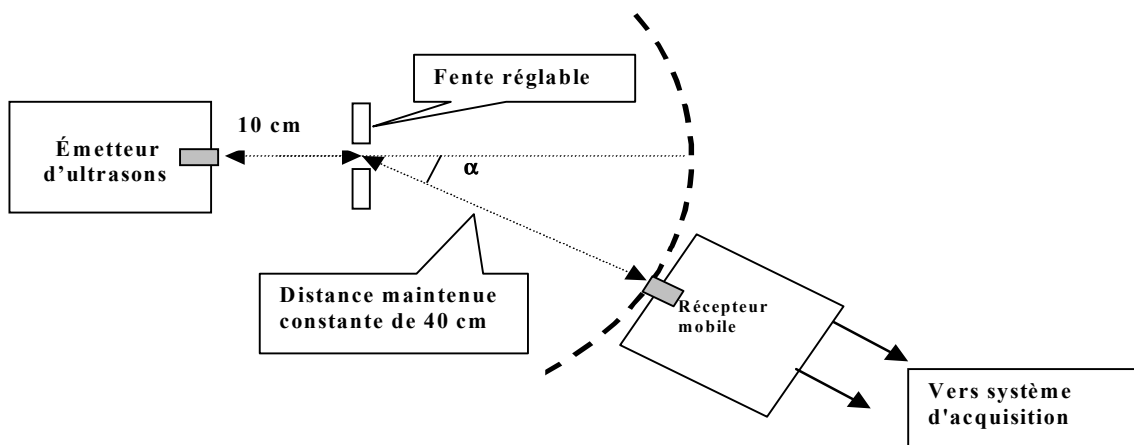
### A. Ultrasons dans l'air

Données numériques :

Valeur de la célérité des ultrasons dans l'air à 25°C :  $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$

La fréquence  $f$  de l'émetteur est réglée à la valeur 40 kHz, on utilise cette source dans l'air à 25°C.

- Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde ultrasonore générée.
- La source est disposée à une distance  $d$  du récepteur lui faisant face. Déterminer le retard avec lequel les vibrations de la source sont transmises au récepteur.  
Calculer ce retard pour une distance  $d = 50 \text{ cm}$ .
- Avec quel instrument de mesure ce retard peut-il être correctement évalué ? Justifier la réponse.
- Face à la source ultrasonore, réglée comme précédemment, on place à 10 cm une plaque de métal trouée d'une fente rectangulaire verticale de largeur réglable, disposée selon le schéma ci-dessous. On déplace le récepteur en le maintenant à une distance constante de 40 cm de la fente.



### Vue de dessus

Un système d'acquisition permet de mesurer la tension aux bornes du récepteur. On repère la valeur de l'angle  $\alpha$  correspondant aux maxima et aux minima d'amplitude successifs de la tension sinusoïdale mesurée.

Les résultats obtenus pour une largeur de fente égale à 40 mm sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Angle $\alpha$ en degrés	0	12	18	25
Amplitude de la tension sinusoïdale mesurée	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum

4.1 Quel phénomène physique est mis en évidence par cette expérience ? La largeur de la fente a-t-elle une influence sur ce phénomène ?

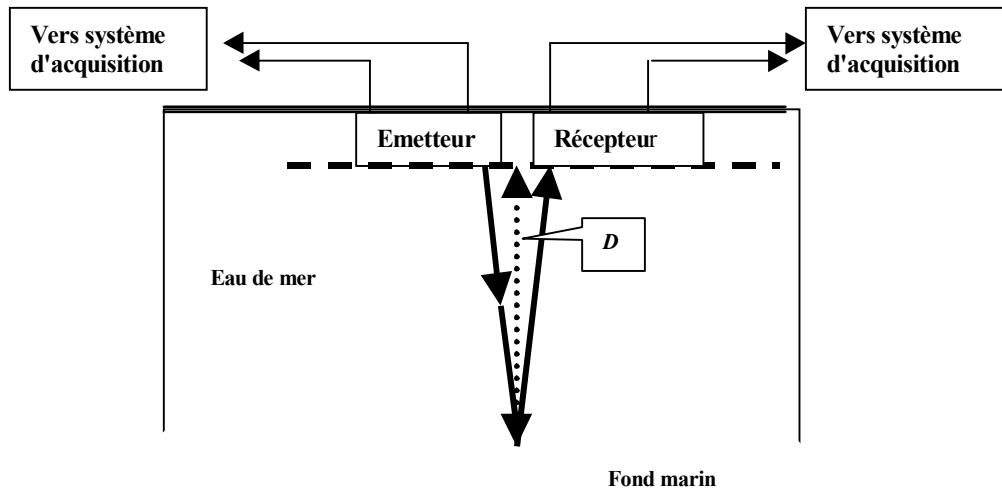
4.2 Tous les autres paramètres de l'expérience restant inchangés, la largeur de la fente est réduite à 20 mm.

Dans quel sens varie la valeur de l'angle d'observation du premier minimum ?

### B. Principe du sonar

Le sonar est un dispositif émetteur-récepteur d'ondes ultrasonores qui, remorqué par un navire, permet d'obtenir des enregistrements donnant une image à deux dimensions des fonds marins.

Les dispositions de l'émetteur et du récepteur sont représentées schématiquement ci-dessous :

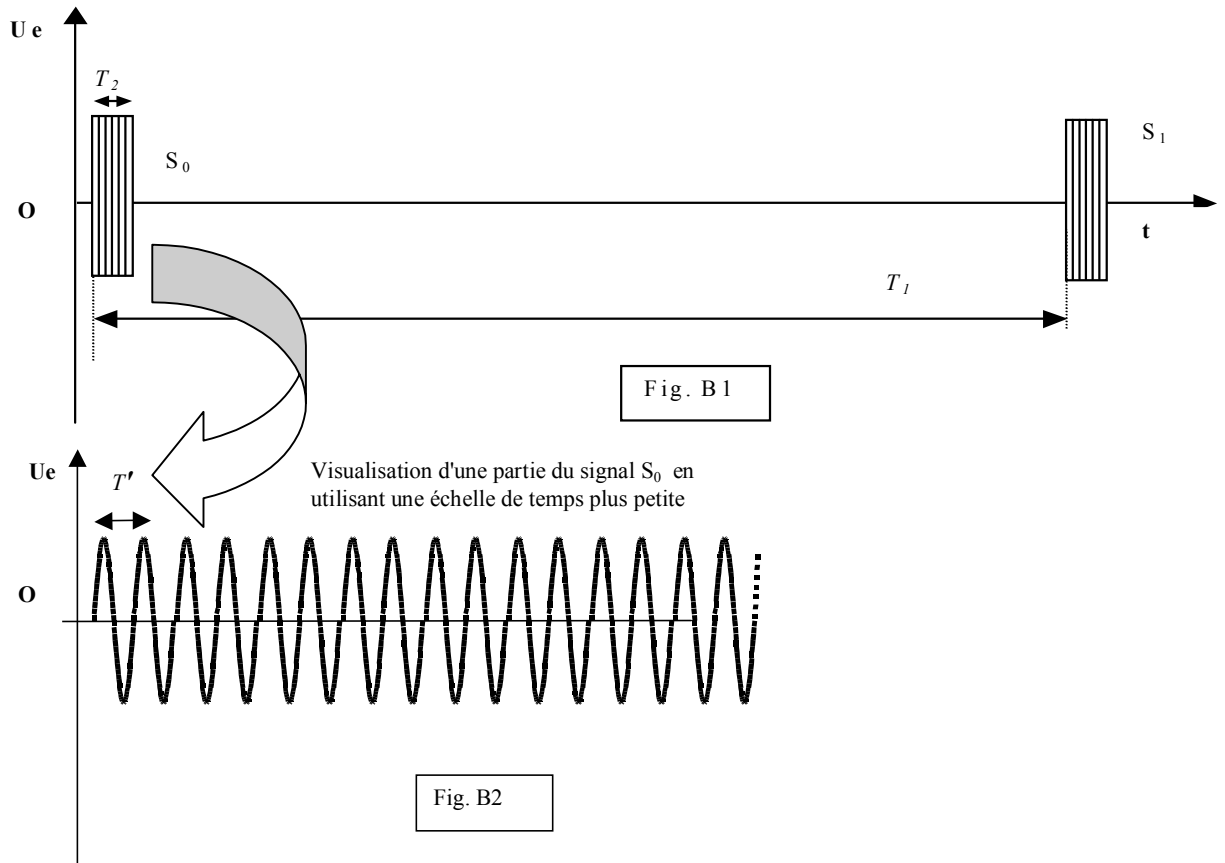


Les "rayons ultrasonores" qui matérialisent la direction et le sens de propagation de l'onde ultrasonore sont très peu inclinés par rapport à la verticale. On considérera donc que le trajet accompli par l'onde (de l'émetteur vers le fond marin puis, après réflexion, du fond marin vers le récepteur) se fait quasiment selon la verticale.

On utilise ici une tension sinusoïdale de fréquence  $f = 20 \text{ kHz}$  pour alimenter l'émetteur, la longueur d'onde dans le milieu marin étant alors  $\lambda' = 7,5 \text{ cm}$ .

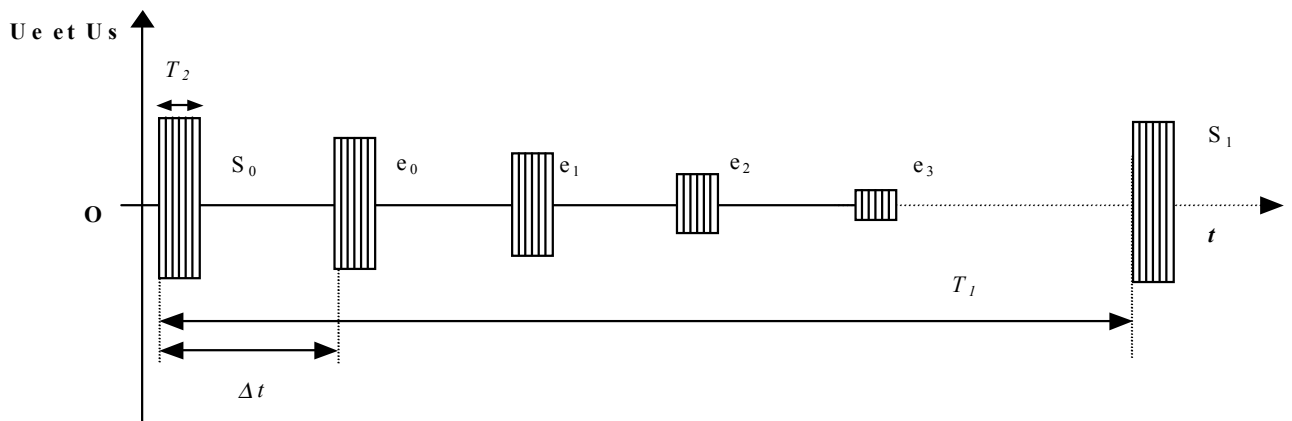
1. Calculer la célérité  $v_{\text{eau}}$  des ondes émises.
2. L'onde n'est pas générée par l'émetteur en continu mais par trains d'ondes d'une durée de 0,010 s émis toutes les secondes.

Un système d'acquisition permet de visualiser la tension  $U_e$  aux bornes de l'émetteur en fonction du temps. On obtient la représentation suivante montrant deux trains d'ondes successifs  $S_0$  et  $S_1$  (fig. B1). Une visualisation de  $S_0$  est également proposée avec une échelle de temps plus petite afin de voir les détails du signal (fig. B2) :



Utiliser les données du texte précédent pour déterminer les durées  $T'$ ,  $T_1$  et  $T_2$  indiquées sur les schémas. Justifier, le cas échéant, par des calculs.

3. On visualise maintenant une acquisition qui superpose la tension  $U_e$  aux bornes de l'émetteur (signaux  $S_0, S_1, \dots$ ) et la tension  $U_s$  aux bornes du récepteur (signaux  $e_0, e_1, \dots$ ). Les traces  $e_0, e_1, e_2, e_3$  matérialisent les différents échos détectés par le récepteur.



3.1. On appelle  $\Delta t$  le décalage de temps du premier écho  $e_0$  avec le déclenchement du premier signal électrique à  $t = 0$  s. La valeur de  $\Delta t$  est suffisamment faible pour que l'on considère l'ensemble émetteur-récepteur comme fixe par rapport au fond pendant cette durée.

Calculer la profondeur  $D$  du fond marin en un lieu où  $\Delta t = 0,10$  s.

3.2. Proposer une explication pour l'existence d'échos multiples à intervalles de temps réguliers. Pourquoi leur amplitude décroît-elle ?

## Ondes ultrasonores

Question	Références aux compétences inscrites au BO
<b>A-Ultrasons dans l'air</b>	
1. Déterminer la longueur d'onde $\lambda$ de l'onde ultrasonore générée.	Connaître et utiliser la relation $\lambda = vT$
2. Calculer ce retard pour $d = 50,0$ cm.	Savoir ce qu'on entend par "retard" Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité
3. Avec quel instrument de mesure ce retard peut-il être correctement évalué ? La largeur de la fente a-t-elle une influence sur ce phénomène ?	Savoir mesurer un retard au moyen d'un instrument adapté
4.1. Quel phénomène physique est mis en évidence par cette expérience ? Justifier votre réponse.	Reconnaître le dispositif expérimental de diffraction Exploiter un document
4.2 Dans quel sens varie la valeur de l'angle d'observation du premier minimum ?	Savoir que pour une longueur d'onde donnée, le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension de l'ouverture est plus petite
<b>B.Le principe du sonar</b>	
1. Calculer la célérité $v_{eau}$ des ondes émises.	Connaître et utiliser la relation $\lambda = vT$
2. Utiliser les données du texte précédent pour déterminer les durées $T'$ , $T_1$ et $T_2$ indiquées sur le schéma. Justifier, le cas échéant, par des calculs.	Analyser un document en termes scientifiques
3.1 On appelle $\Delta t$ le décalage de temps du premier écho $e_0$ avec le déclenchement du premier signal électrique à $t = 0$ s. Calculer la profondeur $D$ du fond marin en un lieu où $\Delta t = 0,10$ s.	Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité en l'appliquant à un "écho"
3.2 Proposer une explication pour l'existence d'échos multiples à intervalles de temps réguliers. Pourquoi leur amplitude décroît-elle ?	Identifier les paramètres jouant un rôle dans un phénomène physique Elaborer une argumentation en s'appuyant sur les propriétés générales des ondes

Question	Réponse	Points	Commentaires
A-1.	$\lambda = v_{\text{air}} T$ ou encore $\lambda = v_{\text{air}} / f$ . Soit ici $\lambda = 340 / 40 \times 10^3$ $\lambda = 8,5 \text{ mm}$	0,25 0,25	
A-2.	Le retard $\theta$ est la durée de propagation de l'onde de l'émetteur au récepteur distants de $d$ . Comme $d = v_{\text{air}} \theta$ Ou $\theta = d / v_{\text{air}}$ , on obtient $\theta = 0,5 / 340$ soit $\theta = 1,5 \text{ ms}$	0,25 0,25 0,25	
A-3.	La durée est trop courte pour être mesurée avec un chronomètre. On pourra utiliser un oscilloscope ou bien un système d'acquisition relié à un ordinateur muni d'un logiciel correctement paramétré.	0,25	<i>Le mot oscilloscope ou ordinateur pourrait suffire pour obtenir les points</i>
A-4.1.	On constate que des ultrasons ne se propagent pas seulement en ligne droite après la fente. C'est un phénomène de diffraction. L'onde progressive passe à travers une fente dont les dimensions sont proches de la longueur d'onde.	0,25 0,5	
A-4.2.	On sait que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension de l'ouverture est plus petite. Si l'ouverture est plus petite on s'attend donc à ce que tous les angles mesurés précédemment soient plus grands, le faisceau diffracté s'élargissant.	0,25 0,25	
B-1.	$v_{\text{eau}} = \lambda' f'$ soit $v_{\text{eau}} = 7,5 \cdot 10^{-2} \times 20 \cdot 10^3 = 1,5 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
B-2.	La durée des trains d'ondes correspond à $T_2$ , soit 0,010s. Ces trains d'ondes sont émis toutes les secondes, cela définit la durée $T_1$ , c'est à dire la durée entre deux trains d'ondes successifs. Quant à la durée $T'$ , elle peut être déduite de la valeur de la fréquence par la relation $T' = 1/f'$ . Soit $T' = 1 / 20 \cdot 10^3$ , $T' = 5 \times 10^{-5} \text{ s}$ .	0,25 0,25 0,25	
B-3.1.	$\Delta t = 2D / v_{\text{eau}}$ car le trajet accompli par l'onde correspond à un aller-retour entre l'émetteur et le récepteur. Soit $D = \Delta t v_{\text{eau}} / 2$ ; Soit numériquement : $D = 0,1 \times 1500 / 2 = 75 \text{ m}$	0,25 0,25	
B-3.2.	L'onde qui arrive sur le récepteur peut se réfléchir sur lui et être reçue à nouveau après un aller-retour de plus et ainsi de suite. Les intervalles de temps entre les échos sont réguliers car la distance parcourue, lors de chaque aller-retour, est la même. Cela suppose que le bateau se déplace très lentement ou bien est à l'arrêt. L'amplitude décroît car l'onde s'amortit au fur et à mesure qu'elle se propage car l'énergie de la source se répartit sur une sphère de plus en plus grande.	0,25 0,25 0,25	
	Total	Sur 5	