

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **cinq** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Les ondes sonores étant un phénomène ondulatoire, une de leurs caractéristiques est de pouvoir interférer dans certaines conditions. Ce phénomène peut être utilisé pour déterminer leur célérité.

Le but de cette épreuve est de mesurer la célérité du son dans l'air à l'aide du phénomène d'interférences d'ondes.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Phénomène d'interférences d'ondes

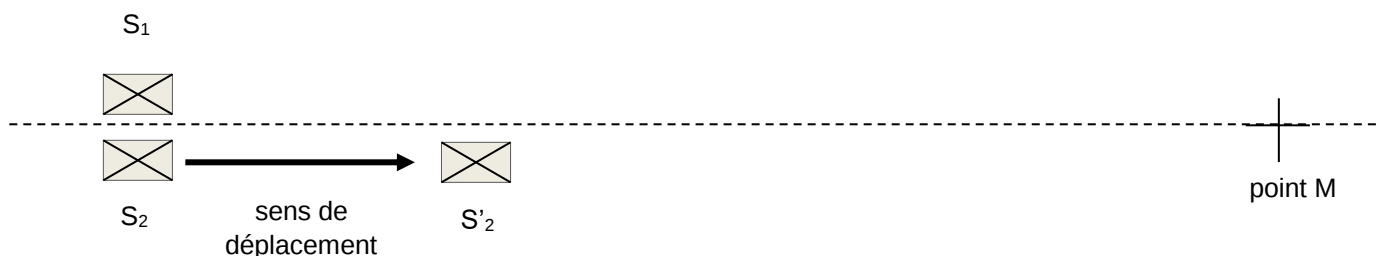
Deux sources sonores synchrones, donc de même fréquence, peuvent interférer en un point M de l'espace. En ce point, les amplitudes des deux ondes sonores s'additionnent et l'on observe des interférences.

Si les deux ondes sonores provenant des sources S_1 et S_2 atteignent un point M en phase, des interférences constructives se produisent. Le son est alors plus intense.

Si les deux ondes sonores provenant des sources S_1 et S_2 atteignent le point M en opposition de phase, des interférences destructives se produisent. Le son est alors moins intense.

Si on déplace la source S_2 par rapport à la source S_1 fixe, on observe qu'au point M la nature des interférences (destructives ou constructives) varie selon la position de S_2 .

Des interférences de même nature sont observées lorsque la position de S_2 passe à une position S'_2 telle que :
 $S'_2M - S_2M = k \cdot \lambda$ avec k un entier relatif et λ la longueur d'onde.



Célérité des ondes sonores

Une onde sonore de fréquence f et de longueur d'onde λ dans son milieu de propagation se propage à une célérité c_{milieu} tel que :

$$c_{milieu} = \lambda \cdot f \quad \text{avec } \lambda \text{ en m ; } f \text{ en Hz et } c_{milieu} \text{ en m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Détermination de l'incertitude-type sur la célérité de l'onde ultrasonore

L'incertitude-type $u(c_{milieu})$ sur la célérité de l'onde ultrasonore mesurée peut se calculer à l'aide de la formule :

$$u(c_{milieu}) = c_{milieu} \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2}$$

Comparaison du résultat d'une mesure à une valeur de référence

Il est possible de comparer une valeur expérimentale à une valeur de référence à l'aide du calcul du quotient z suivant :

$$z = \left| \frac{c_{air}(\text{exp}) - c_{air}(\text{ref})}{u(c_{air})} \right|$$

avec :

- $c_{air}(\text{exp})$: célérité des ondes ultrasonores mesurée dans l'air en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- $c_{air}(\text{ref})$: célérité de référence des ondes ultrasonores dans l'air en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- $u(c_{air})$: incertitude-type sur le résultat expérimental en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans cette situation, le critère de validation utilisé est :

- Lorsque $z \leq 2$, on considère que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence dans les conditions de l'expérience ;
- Lorsque $z > 2$, on considère qu'il ne l'est pas.

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Interférences sonores (10 minutes conseillées)

1.1. Visualiser la vidéo « *interférences sonores* » dont un descriptif est donné ci-dessous.

Description de l'expérience de la vidéo	Schéma de l'expérience vue du dessus
Deux haut-parleurs sont reliés au même générateur de tension alternative et émettent deux ondes sonores synchrones. La fréquence est réglée à $f = 3000$ Hz. L'expérimentateur déplace suivant l'axe des haut-parleurs le haut-parleur 2, le haut-parleur 1 restant fixe. Une caméra avec un microphone intégré est placée à environ 2 mètres devant les haut-parleurs (position X).	

1.2. Décrire l'évolution de l'intensité sonore au cours du déplacement du haut-parleur.

Au cours du déplacement du haut-parleur le niveau sonore diminue et augmente. Le niveau sonore dépend de la position du haut-parleur.

1.3. À l'aide des informations mises à disposition, proposer une explication au phénomène observé.

Le phénomène observé est dû aux interférences entre les ondes sonores émises par les deux haut-parleurs synchrones. Lorsque le haut-parleur 2 se déplace, la différence de marche entre les ondes varie, entraînant une alternance entre interférences constructives (intensité maximale) et interférences destructives (intensité minimale).

2. Interférences d'ondes ultrasonores (30 minutes conseillées)

Pour la suite de cette situation d'évaluation, on utilise des ondes ultrasonores. Celles-ci sont de même nature que les ondes sonores mais leur fréquence est suffisamment élevée pour qu'elles soient inaudibles par l'oreille humaine. Deux émetteurs à ultrasons S_1 et S_2 émettent deux ondes ultrasonores synchrones. Un récepteur à ultrasons est positionné en un point M en face des deux émetteurs. Un réglet doit permettre de repérer les positions. Le récepteur est relié à une interface d'acquisition en mode permanent de façon à visualiser le signal reçu lorsqu'on éloigne l'émetteur S_2 de l'émetteur S_1 .

2.1. Mettre en œuvre l'expérience en déplaçant lentement S_2 le long du réglet, S_1 restant fixe et décrire les variations du signal reçu.

Lorsque S_2 est déplacé, la différence de marche entre les ondes des deux émetteurs varie. Le signal oscille entre des maximums (interférences constructives) et des minimums (interférences destructives) de manière périodique, avec une alternance.

2.2. Proposer un protocole pour mesurer le plus précisément possible la longueur d'onde λ de ces ondes se propageant dans l'air.

Le signal reçu oscille entre des maximums (interférences constructives) et des minimums (interférences destructives), avec une alternance tous les $\frac{\lambda}{2}$. On déplace lentement S_2 le long du réglet et repère plusieurs positions successives où le signal est en opposition de phase (minimums d'intensité). En mesurant la distance totale d parcourue pour atteindre N alternances, on en déduit la longueur d'onde par la relation :

$\lambda = \frac{d}{N}$ pour une meilleure précision, on choisit un N aussi grand que possible.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole expérimental ou en cas de difficulté	

2.3. Mettre en œuvre le protocole proposé et déterminer la valeur λ de la longueur d'onde des ondes ultrasonores se propageant dans l'air.

On mesure 10 alternances $N = 10$, la distance est $d = 8,6 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{d}{N} = \frac{8,6 \times 10^{-2}}{10} = 8,6 \times 10^{-3} \text{ m}$$

2.4. Dans le contexte de la situation, on évalue l'incertitude-type sur la mesure de la longueur d'onde à $u(\lambda) = 0,1 \text{ mm}$. Citer deux sources expérimentales d'incertitudes sur la mesure de la longueur d'onde.

Deux sources expérimentales d'incertitudes sur la mesure de la longueur d'onde sont :

1. Précision du déplacement de S_2
2. Précision de la règle

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

3. Célérité des ondes ultrasonores (20 minutes conseillées)

3.1. La fréquence de l'onde résultante visualisée au niveau du récepteur est égale à la fréquence des ondes ultrasonores émises par les émetteurs. Déterminer expérimentalement, le plus précisément possible, la fréquence des ondes ultrasonores émises.

On mesure plusieurs périodes : $2T = 5,0 \times 10^{-5} \text{ s}$

$$T = \frac{5,0 \times 10^{-5}}{2} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,5 \times 10^{-5}} = 4,0 \times 10^4 \text{ Hz} = 40 \text{ kHz}$$

3.2. Dans le contexte de la situation, on évalue l'incertitude-type sur la mesure de la fréquence à $u(f) = 0,1 \text{ kHz}$. Citer une source expérimentale d'incertitude sur la mesure de la fréquence.

Une source expérimentale d'incertitude sur la mesure de la fréquence est la précision de lecture sur l'oscilloscope pour déterminer la période.

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

3.3. Dédurre des mesures précédentes la célérité des ondes ultrasonores dans l'air, notée $c_{\text{air}}(\text{exp})$.

$$c_{\text{air}}(\text{exp}) = \lambda \times f = 8,6 \times 10^{-3} \times 4,0 \times 10^4 = 344 \text{ m.s}^{-1}$$

3.4. On rappelle que, dans le contexte de la situation, l'incertitude-type sur la mesure de la longueur d'onde est estimée à $u(\lambda) = 0,1 \text{ mm}$ et que l'incertitude-type sur la détermination de la fréquence est estimée à $u(f) = 0,1 \text{ kHz}$. En déduire l'incertitude-type sur la célérité des ondes ultrasonores dans l'air $u(c_{\text{air}})$ à l'aide des informations mises à disposition.

$$u(c_{\text{air}}) = c_{\text{air}}(\text{exp}) \times \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2}$$
$$u(c_{\text{air}}) = 344 \times \sqrt{\left(\frac{0,1 \times 10^{-3}}{8,4 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{40}\right)^2}$$
$$u(c_{\text{air}}) = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3.5. À l'aide des informations mises à disposition, déterminer si la valeur expérimentale de la célérité de l'onde ultrasonore dans l'air est compatible avec la valeur de référence $c_{\text{air}}(\text{ref})$.

Remarque : Cette valeur de référence peut être déterminée à l'aide de l'expression : $c_{\text{air}}(\theta) = 331 + 0,6 \times \theta$ où θ représente la température en degrés Celsius et $c_{\text{air}}(\theta)$ la célérité de l'onde ultrasonore en mètre par seconde.

$$c_{\text{air}}(\theta) = 331 + 0,6 \times \theta$$
$$c_{\text{air}}(\theta) = 331 + 0,6 \times 20$$
$$c_{\text{air}}(\theta) = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$z = \left| \frac{c_{\text{air}}(\text{exp}) - c_{\text{air}}(\text{ref})}{u(c_{\text{air}})} \right|$$
$$z = \left| \frac{344 - 343}{4} \right|$$
$$z = 0,25$$

$z \leq 2$, on considère que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence dans les conditions de l'expérience.

Ainsi, la valeur expérimentale de la célérité de l'onde ultrasonore dans l'air est compatible avec la valeur de référence $c_{\text{air}}(\text{ref})$.

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.