

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 **six** 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.

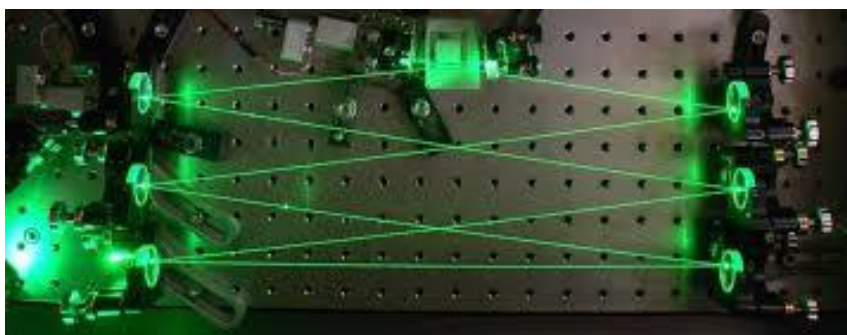
En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

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

La lumière laser est un formidable outil d'investigation permettant d'effectuer des mesures directes ou indirectes d'une grande variété de grandeurs : distance, durée, vitesse, température, etc.



Expérience dans un laboratoire de physique

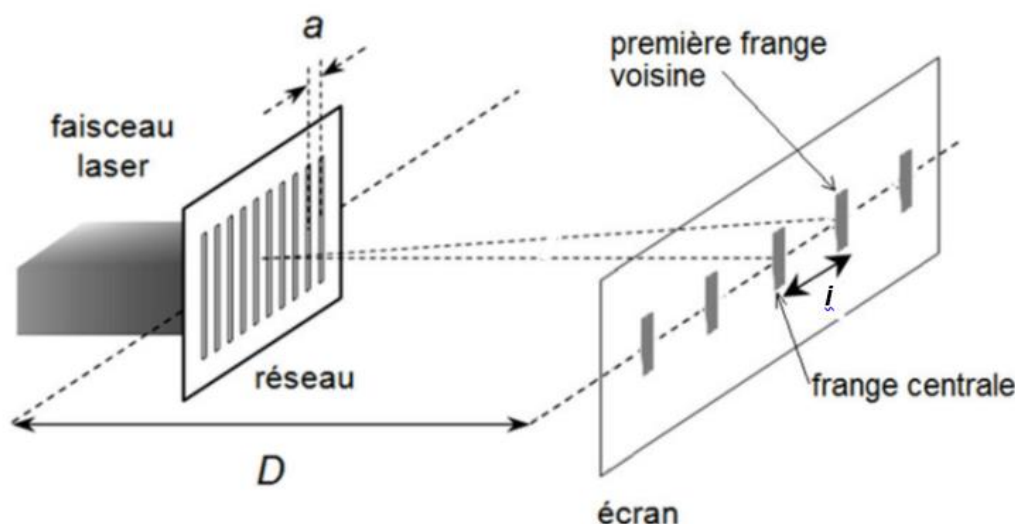
Le but de cette épreuve est de déterminer la vitesse de propagation (ou célérité) des ultrasons dans l'eau à l'aide d'un laser et d'étudier un phénomène d'interférences des ondes lumineuses.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Interférence d'un faisceau laser par un réseau

Un réseau est une surface optiquement travaillée sur laquelle sont gravées des fentes parallèles, équidistantes et très rapprochées. La distance constante entre les centres des fentes, notée a , est appelée « pas du réseau ».

Lorsqu'on éclaire ce réseau avec un faisceau laser monochromatique de longueur d'onde λ_{laser} , on observe alors sur l'écran une figure d'interférences constituée de franges lumineuses régulièrement espacées.



On note i l'interfrange, c'est-à-dire la distance entre les centres de deux franges consécutives et D la distance qui sépare le réseau de diffraction de l'écran.

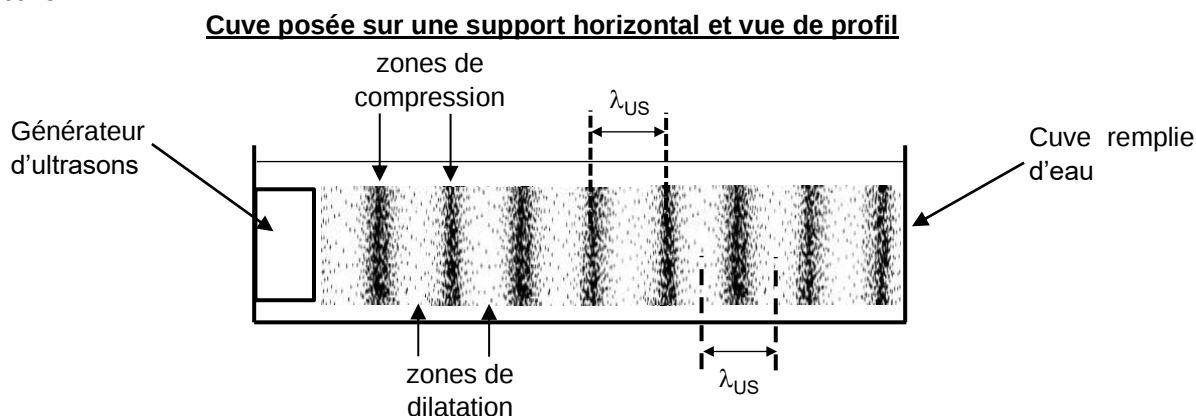
Dans le cas où le faisceau laser arrive perpendiculairement au réseau et si la distance D est très grande devant l'interfrange i , D et i sont liées par la relation suivante :

$$i = \frac{\lambda_{\text{laser}} D}{a} : \text{relation (1)}$$

Dispositif expérimental

Un générateur d'ondes ultrasonores placé dans une cuve remplie d'eau produit des ondes de pression progressives sinusoïdales qui se propagent dans l'eau. La propagation de ces ondes crée des zones de compression qui alternent avec des zones de dilatation. Les centres de deux zones successives de compression ou de dilatation sont séparés d'une distance égale à la longueur d'onde λ_{US} de l'onde ultrasonore.

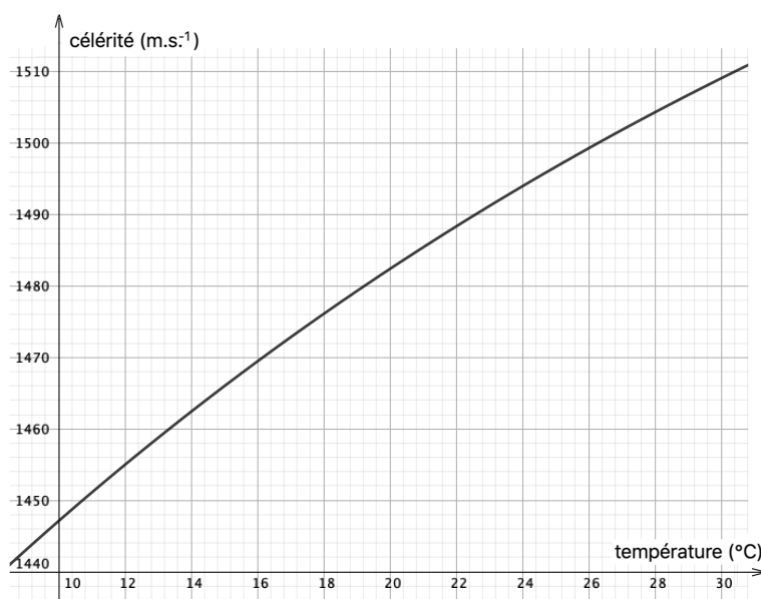
En première approximation, on peut schématiser la situation spatiale de l'eau par le dessin suivant selon une vue de profil de la cuve :



Si un faisceau laser monochromatique est dirigé **perpendiculairement** au plus grand côté de la cuve, cette configuration spatiale de l'eau se comporte comme un « réseau interférentiel » : les zones de compression et de dilatation successives ont le même comportement que l'alternance des fentes et des obstacles qui les séparent dans un réseau.

Il est ainsi possible de considérer qu'avec le matériel disponible, la relation **(1)** s'applique toujours.

Célérité des ultrasons dans l'eau en fonction de la température



Réalisé à partir du Handbook of Chemistry and Physics édition 2014 - 2015

Critère de compatibilité entre une valeur expérimentale et une valeur de référence

Dans cette étude, on considère que la valeur expérimentale v_{exp} et la valeur de référence v_{ref} sont compatibles si le critère ci-dessous est vérifié :

$$\frac{|v_{exp} - v_{ref}|}{u(v)} \leq 2, \quad \text{avec } u(v) \text{ l'incertitude-type associée au résultat de la mesure de } v_{exp}.$$

Données utiles

- Fréquence des ondes émises par le générateur d'ondes ultrasonores :
 $f = \boxed{1,65 \text{ MHz}}$ avec une incertitude $u(f) = \boxed{0,05 \text{ MHz}}$
- Longueur d'onde du faisceau laser : $\lambda_{laser} = \boxed{532 \text{ nm}}$ avec une incertitude $u(\lambda_{laser}) = \boxed{\dots \text{ nm}}$
- Relation entre longueur d'onde λ (m), fréquence f (Hz) et célérité v (m.s⁻¹) dans le cas d'une onde progressive sinusoïdale :

$$\lambda = \frac{v}{f} : \text{relation (2)}$$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Protocole de mesure de la longueur d'onde des ultrasons (20 minutes conseillées)

À l'aide des informations mises à disposition et du matériel disponible, proposer un protocole expérimental, mettant en œuvre une méthode interférentielle, permettant de déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_{us} des ultrasons dans l'eau. Schématiser le montage expérimental associé.

On place le générateur d'ondes ultrasonore dans la cuve.

On dirige le laser perpendiculairement au grand côté de la cuve, de manière à ce qu'il traverse les zones de compression et de dilatation de l'eau.

On place un écran à une distance D suffisamment grande derrière la cuve pour observer la figure d'interférences.

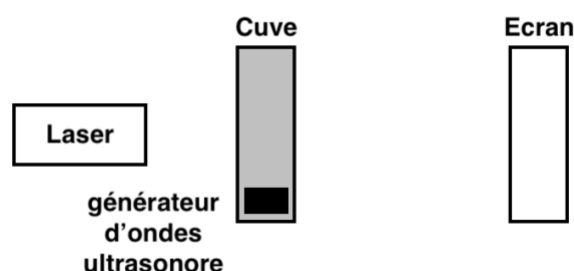
$$i = \frac{\lambda_{laser} \cdot D}{a}$$

$$i \times a = \lambda_{laser} \cdot D$$

$$a = \frac{\lambda_{laser} \cdot D}{i}$$

$$\lambda_{us} = a$$

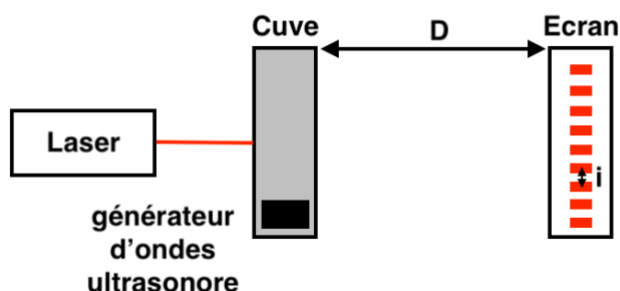
$$\lambda_{us} = \frac{\lambda_{laser} \cdot D}{i}$$



Légender le schéma et préciser les grandeurs qui doivent être mesurées pour atteindre l'objectif.

On doit mesurer :

- D la distance entre la cuve et l'écran
- i l'interfrange



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

2. Mise en œuvre du montage et mesures (20 minutes conseillées)

Mettre en place le montage schématisé dans la partie 1. en adoptant une distance $D > 2,5$ m.

Effectuer les mesures utiles et noter leurs valeurs ci-dessous.

A faire expérimentalement.

Avec $D = 3,5$ m,

$10i = 2,1$ cm

$i = 0,21$ cm

Calculer ensuite $\lambda_{us} = \frac{532 \times 10^{-9} \times 3,5}{0,21 \times 10^{-2}} = 8,9 \times 10^{-4}$ m

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

3. Célérité et incertitudes (20 minutes conseillées)

3.1. En exploitant les mesures précédentes, déterminer la valeur de la célérité v des ultrasons dans l'eau.

Remarque : utiliser la valeur non arrondie dans la suite des calculs.

$$\begin{aligned} v &= \frac{\lambda_{us}}{T} = \lambda_{us} \times f \\ v &= 8,9 \times 10^{-4} \times 1,65 \times 10^6 \\ v &= 1469 \text{ m.s}^{-1} \\ v &= 1,5 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1} \end{aligned}$$

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter la valeur de v ou en cas de difficulté	

3.2. Dans les conditions de l'expérience l'incertitude-type $u(v)$ associée à la mesure de la célérité v satisfait la relation :

$$u(v) = v \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\lambda_{\text{laser}})}{\lambda_{\text{laser}}}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2}$$

Compte tenu du matériel disponible et des conditions dans lesquelles la mesure est effectuée, estimer la valeur de l'incertitude sur la mesure de l'interfrange i .

La graduation est au mm près et comme on a lu 10 i :

$$u(i) = \frac{1 \text{ mm}}{10} = 0,1 \text{ mm}$$

On considère dans ces conditions expérimentales que l'incertitude-type sur la mesure de la distance D est :

$$u(D) = 2 \text{ cm}$$

En déduire l'incertitude-type sur la célérité v .

Remarque : on arrondira à la valeur la plus proche avec un chiffre significatif.

$$u(v) = v \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\lambda_{\text{laser}})}{\lambda_{\text{laser}}}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2}$$

$u(\lambda_{\text{laser}})$ est donné le jour du TP

$$u(v) = 1469 \cdot \sqrt{\left(\frac{10}{532}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 10^{-2}}{3,5}\right)^2 + \left(\frac{0,05}{1,65}\right)^2 + \left(\frac{0,1 \times 10^{-3}}{0,21 \times 10^{-2}}\right)^2}$$

$$u(v) = 9 \times 10^1 \text{ m.s}^{-1}$$

Écrire la valeur de la célérité v en accord avec son incertitude-type associée.

$$v = 1469 \pm 9 \times 10^1 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v = (1,47 \pm 0,09) \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

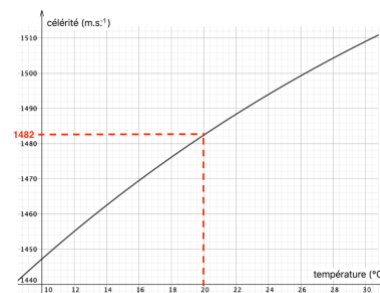
APPEL facultatif		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

3.3. Utiliser le critère de comparaison pour apprécier la cohérence du résultat de la mesure de v avec les informations disponibles sur la célérité des ultrasons dans l'eau. Dédire de l'expression de $u(v)$ et des résultats expérimentaux les deux sources d'erreurs prépondérantes lors de la détermination de v par cette méthode expérimentale.

Pour 20°C , On trouve graphiquement $v_{ref} = 1482 \text{ m.s}^{-1}$

$$\frac{|v_{exp} - v_{ref}|}{u(v)} = \frac{|1469 - 1482|}{9 \times 10^1} = 0,1$$

$$\frac{|v_{exp} - v_{ref}|}{u(v)} \leq 2 : \text{Ainsi, } v_{exp} \text{ et } v_{ref} \text{ sont compatibles.}$$



Les deux sources d'erreurs prépondérantes lors de la détermination de v par cette méthode expérimentale sont celles qui ont le rapport $\frac{u(x)}{x}$ le plus élevé.

$$\frac{u(\lambda_{laser})}{\lambda_{laser}} = \frac{10}{532} = 1,9 \times 10^{-2}$$

$$\frac{u(D)}{D} = \frac{2 \times 10^{-2}}{3,5} = 5,7 \times 10^{-3}$$

$$\frac{u(f)}{f} = \frac{0,05}{1,65} = 3,0 \times 10^{-2}$$

$$\frac{u(i)}{i} = \frac{0,1 \times 10^{-3}}{0,21 \times 10^{-2}} = 4,8 \times 10^{-2}$$

Ainsi, les deux sources d'erreurs prépondérantes lors de la détermination de v par cette méthode expérimentale sont :

- L'incertitude sur la valeur de la fréquence
- L'incertitude sur la valeur de l'interfrange

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