

Document du professeur

- **Niveau : première STI2D**
- **Durée indicative : 4 h 30**
- **Extraits du programme : Mesures et incertitudes, ondes et informations, ondes sonores**

Mesures et incertitudes

Notions et contenu	Capacités exigibles
Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesure.	Procéder à une évaluation par une approche statistique (type A) d'une incertitude type.
Ecriture d'un résultat	Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée et en indiquant l'unité correspondante.
Valeur de référence	Discuter de la validité d'un résultat en comparant la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence d'une part et l'incertitude d'autre part.

Ondes et informations

Notions et contenu	Capacités exigibles
Ondes mécaniques. Phénomènes de propagation. Onde longitudinale, onde transversale.	— Citer des exemples d'ondes mécaniques (sonores, sismiques, etc.) et leurs milieux matériels de propagation.
Ondes périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. Relation entre période, longueur d'onde et célérité.	— Définir et déterminer (par une mesure ou un calcul) les grandeurs physiques caractéristiques associées à une onde périodique. — Pour une onde sinusoïdale, citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.

Ondes sonores

Notions et contenu	Capacités exigibles
Propriétés, propagation des ondes sonores et ultrasonores.	— Énoncer qu'un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde sonore ou ultrasonore. — Déterminer ou mesurer les grandeurs physiques associées à une onde sonore ou ultrasonore : célérité, période, amplitude, fréquence et longueur d'onde. — Évaluer la célérité du son dans quelques milieux : air, eau, métal. — Déterminer des distances à partir de la propagation d'un signal avec ou sans réflexion.

■ Déroulement du mini projet:

- Ce mini projet intervient après le cours sur les ondes sonores.
- Il se déroule en quatre à cinq séances d'une heure, chacune espacée d'une semaine, afin de laisser aux élèves le temps de progresser dans leurs recherches, d'identifier les difficultés, et de construire leur support numérique.
- Les élèves se répartissent par équipes de 4 et réfléchissent à la problématique. Les élèves d'une même équipe pourront se répartir les différentes tâches (*principe de fonctionnement d'un échographe, test de la sonde, construction du support numérique, présentation orale, ...*).
- Des phases d'échanges entre le professeur et les équipes d'élèves permettent de valider le travail réalisé, et éventuellement d'apporter l'aide nécessaire.
- Gestion du temps (à titre indicatif) :
 - Analyse des documents et réponse à la problématique : 2 x 1h + travail personnel.
 - Support numérique, préparation de l'oral : 2 x 1h + travail personnel.
 - Présentation orale : 10 minutes.
- Le professeur choisira deux à trois équipes qui réaliseront une présentation orale.

■ Proposition de correction :

- Les élèves présentent le principe de fonctionnement de l'échographe en s'appuyant sur les docs 1, 2, 3.
- Les graphiques du document n°4 montrent que, à distance égale, les ultrasons mettent plus de temps à se déplacer dans l'air (environ 600 μ s) que dans l'eau (environ 150 μ s). On en déduit que les ultrasons sont plus rapides dans l'eau. On peut calculer la vitesse des ultrasons dans l'eau avec la relation $v = \frac{d}{\Delta t}$

$$\text{A.N. : } v = \frac{20,0 \cdot 10^{-2}}{150 \cdot 10^{-6}} = 1,33 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

- L'expérience présentée dans le document n°5 montre que l'onde ultrasonore fait un aller-retour. Ainsi, on en déduit la relation suivante : $v = \frac{2D}{t_R - t_0}$

avec D : distance séparant la sonde de l'objet réflecteur (m)
 t_R : instant de réception de l'onde ultrasonore (s)
 t_0 : instant d'émission de l'onde ultrasonore (s)
 v : célérité de l'onde ultrasonore (m.s^{-1})

Comme $t_0 = 0$, il vient $v = \frac{2D}{t_R}$. Ainsi, on peut écrire $t_R = \frac{2D}{v}$

De cette relation, il vient :

$$\text{A.N. : } D = \frac{v \cdot t_R}{2} = \frac{1,33 \cdot 10^3 \cdot (140 \cdot 10^{-6} - 0)}{2} = 9,31 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

L'objet réflecteur se trouve à 9,31 cm de la sonde S.

- Sur l'oscillogramme du document n°6, on peut mesurer une période $T = 500$ ns. Cela correspond à une fréquence $f = \frac{1}{500 \cdot 10^{-9}} = 2,00 \cdot 10^6 \text{ Hz}$.

Le document n°6 précise, d'une part, que la fréquence des ondes ultrasonores émises est comprise entre 2 MHz et 20MHz, et d'autre part que les échographies fœtales sont réalisées avec une fréquence peu élevée. La fréquence calculée est donc bien adaptée à la réalisation d'une échographie fœtale.

On peut donc déterminer un encadrement pour la valeur de la longueur d'onde avec la relation $\lambda = \frac{c}{f}$:

$$\lambda_{\min} = \frac{1539}{2,00 \cdot 10^6} = 7,69 \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad \lambda_{\max} = \frac{1541}{2,00 \cdot 10^6} = 7,70 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Ainsi, $\lambda \in [7,69 \cdot 10^{-4} ; 7,70 \cdot 10^{-4}] \text{ m}$

- Calcul de la meilleure estimation f_{moy} de la fréquence des ultrasons émis par la sonde :

$$f_{\text{moy}} = \frac{1,94+1,98+2,03+1,99+2,05+2,01+2,01+1,97+1,95+2,07}{10} = \boxed{2,00 \text{ MHz}}$$

Calcul de l'écart-type :

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{(-0,06)^2+(-0,02)^2+0,03^2+(-0,01)^2+0,05^2+0,01^2+0,01^2+(-0,03)^2+(-0,05)^2+0,07^2}{9}} = \boxed{4,2 \cdot 10^{-2} \text{ MHz}}$$

Calcul de l'incertitude-type :

$$u(f) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}} = \frac{4,2 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{10}} = \boxed{1,3 \cdot 10^{-2} \text{ MHz}}$$

Le résultat de mesure peut donc être noté : $f = 2,00 \pm 0,02 \text{ MHz}$

- Le document fournit par le constructeur indique que la sonde doit émettre une onde ultrasonore $f = 2,0 \pm 0,1 \text{ MHz}$. Les résultats précédents permettent de conclure que la sonde testée est fiable.

▪ Ressources documentaires :

<https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89chographie>

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/echographie.swf

<https://www.prsfrance.com/les-differents-types-de-sondes-echographiques/>

<https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiD49Cpg9DhAhWN1eAKHe5MA18QFjAAegQIBRAC&url=http%3A%2F%2Fwww4.ac-nancy-metz.fr%2Fphysique%2Flycee%2Fsti2d%2FActivite%2520ultrasons%2520et%2520echographie.doc&usg=AOvVaw2vAoReXFR3NhIDNR7425IW>

https://www.lemonde.fr/revision-du-bac/annales-bac/svt-terminale-s/echographie_t-tx126.html

<http://www.chimix.com/an9/bac9/fr96.htm>