

## DM14 – Ondes

### Consignes Ex. 1

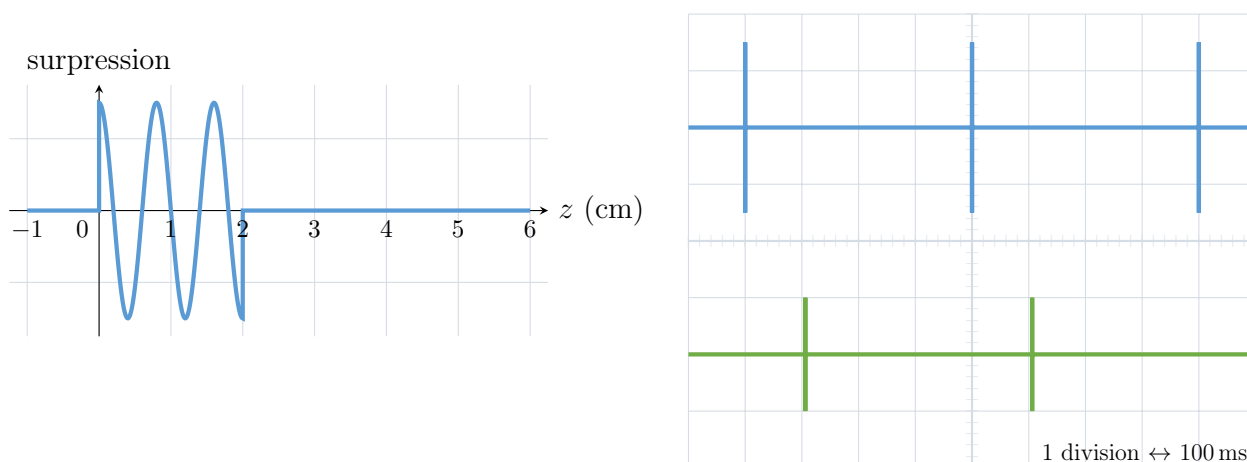
- C1. Les consignes de présentation sont respectées. Soyez exigeants avec la copie qui vous est rendue.
- C2. Les relations obtenues sont homogènes.
- C3. Q. 2 : la mesure de la longueur d'onde est réalisée soigneusement en utilisant la longueur de toute l'impulsion.
- C4. Q. 3 et 4 : les représentations graphiques sont soignées. Les axes sont légendés, les valeurs numériques importantes indiquées, le tracé de la perturbation est propre, etc.
- C5. Q. 5 : l'aller-retour est pris en compte.
- C6. Q. 6 : le raisonnement est clair et concis.
- C7. Q. 7 : le DL est soigneusement justifié.

### Exercice 1 – Mesure de la hauteur d'un bâtiment

En 2025, deux élèves de MP2I au lycée Paul Valéry, Alice et Bob, souhaitent mesurer la hauteur  $H$  du bâtiment principal de leur établissement, dont la rénovation s'est terminée il y a peu. Mais aucun mètre n'est assez long pour mesurer directement le bâtiment. Étudiants sérieux, ils réinvestissent les compétences développées en TP et mettent en place trois protocoles basés sur l'utilisation d'ondes sonores. À  $15^\circ\text{C}$ , température extérieure au moment des mesures, la vitesse du son dans l'air est  $c = 340\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

#### Sonar

Alice et Bob montent sur le toit du bâtiment (la proviseure est d'accord!), où ils disposent un émetteur et un récepteur ultrasonores côte à côte, orientés vers le sol. L'émetteur émet de brèves impulsions, associées à une onde de pression dont l'allure à l'instant  $t = 0$  est représentée ci-dessous à gauche. Le signal émis et l'écho capté par le récepteur sont observés simultanément sur un oscilloscope, dont l'écran est représenté ci-dessous à droite (les deux signaux sont décalés verticalement pour plus de lisibilité : le signal émis est en haut, celui reçu en bas). On note  $(Oz)$  l'axe vertical orienté vers le bas, dont l'origine est située au niveau du toit.



RCO

1. Pour une onde progressive sinusoïdale, rappeler le lien entre la longueur d'onde  $\lambda$ , la fréquence  $f$  et sa célérité  $c$ . Préciser le domaine de fréquence associé aux sons audibles.

2. Déterminer la longueur d'onde des ultrasons utilisés dans l'expérience. En déduire leur fréquence. Commenter.
- RCO 3. Représenter l'allure spatiale de l'onde de pression à l'instant  $t = 100 \mu\text{s}$ . On indiquera précisément la position du front d'onde, ainsi que la longueur de l'impulsion.
- RCO 4. Représenter sur un autre graphique l'allure du signal reçu par un capteur situé à  $z = 19 \text{ cm}$  sous l'émetteur. Préciser la position du front d'onde, ainsi que la durée de l'impulsion.
5. Déterminer une première valeur  $H_1$  de la hauteur de l'immeuble.

### Chronomètre sonore Phyphox

L'application Phyphox dispose d'un chronomètre sonore, déclenché par exemple par un claquement de main et stoppé par un autre claquement.

Alice est toujours sur le toit, tandis que Bob redescend au niveau du sol. L'un après l'autre, ils claquent des mains à proximité de leur smartphone respectif. Les captures d'écran des deux téléphones sont représentées ci-dessous.



Alice



Bob

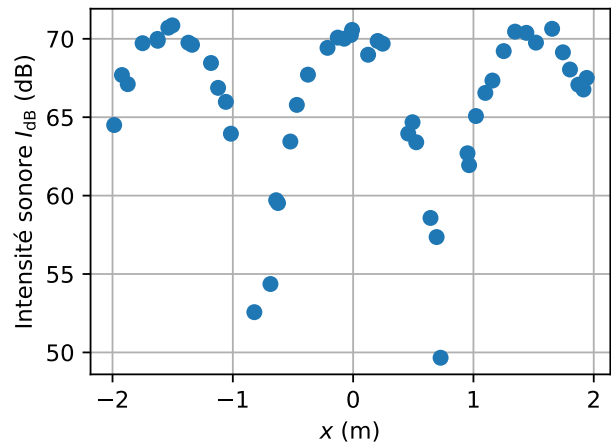
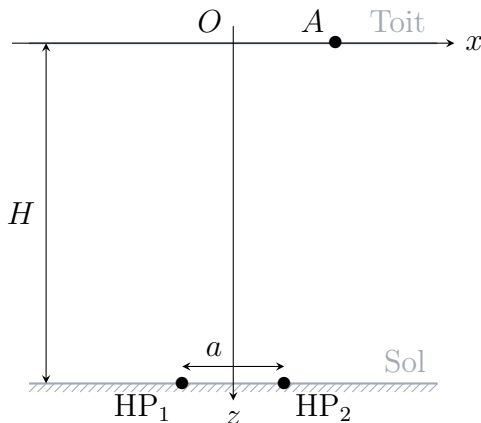
6. Qui a claqué des mains le premier ? Déterminer une deuxième valeur  $H_2$  pour la hauteur de l'immeuble. On justifiera soigneusement la réponse.

### Interférences

Toujours au pied du bâtiment, Bob connecte cette fois son smartphone, qui génère un signal sinusoïdal continu de fréquence  $f = 4,0 \text{ kHz}$ , à deux enceintes  $\text{HP}_1$  et  $\text{HP}_2$  qu'il sépare d'une distance  $a = 1 \text{ m}$  (cf. schéma ci-dessous). Alice, toujours sur le toit du lycée, se déplace le long du mur et mesure l'intensité du signal sonore reçu sur son smartphone pour plusieurs positions repérées sur l'axe  $(Ox)$ . Avec Python, ils obtiennent le graphique ci-dessous. L'intensité sonore  $I_{\text{dB}}$ , exprimée en décibel, est définie par

$$I_{\text{dB}} = 20 \log \left( \frac{A_{\text{mes}}}{A_{\text{ref}}} \right),$$

où  $A_{\text{mes}}$  est l'amplitude de l'onde mesurée et  $A_{\text{ref}}$  une constante.



- RCO** 7. Établir l'expression de la différence  $\delta = \delta_1 - \delta_2$  en fonction de  $x$ ,  $H$  et  $a$ , où  $\delta_1$  (resp.  $\delta_2$ ) est la distance entre l'enceinte HP<sub>1</sub> (resp. HP<sub>2</sub>) et le point  $A$  d'abscisse  $x$ . On supposera  $H \gg a$  et  $H \gg x$ .
- RCO** 8. Rappeler la condition sur le déphasage  $\Delta\varphi$  entre les ondes issues des deux enceintes, pour laquelle l'onde résultante en  $A$  a une amplitude minimale. En déduire que la distance  $i$  entre deux points où le signal mesuré par Alice a une amplitude minimale s'exprime  $i = \lambda H/a$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde de l'onde sonore.
9. Déterminer une dernière valeur  $H_3$  de la hauteur du bâtiment. Conclure.

