

Devoir surveillé n°1 – TS1
Ondes mécaniques (2 heures, calculatrice interdite)

Exercice 1 – La nuit du 21 juin 1822

L'une des expériences historiques permettant de déterminer la célérité du son dans l'air a été réalisée en 1822 près de Paris par ordre du Bureau des Longitudes. Présenté ci-dessous, l'extrait du traité élémentaire de physique (1836) de Monsieur l'abbé Pinault relate cette expérience.

Les deux stations que l'on avait choisies étaient Villejuif et Montlhéry. À Villejuif, le capitaine Boscary fit déposer, sur un point élevé, une pièce de six ^a, avec des gargousses ^b de deux et trois livres de poudre. À Montlhéry, le capitaine Pernetty fit déposer une pièce de même calibre, avec des gargousses de même poids. Les expériences furent faites de nuit et commencèrent à onze heures du soir, le 21 et le 22 juin 1822. De Villejuif on apercevait très distinctement le feu de l'explosion de Montlhéry et vice versa : le ciel était serein et à peu près calme.

La température de l'atmosphère était de 15,9 degrés Celsius. Les coups de canon des deux stations opposées étaient réciproques, de sorte que les résultats ne fussent pas influencés par le vent. Chacun des observateurs notait sur son chronomètre le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre. On peut prendre 54,6 secondes entre le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre. Les deux canons étaient à une distance de 9 549,6 toises ^c.

a. pièce de canon.

b. charge de poudre contenue dans une enveloppe de tissu ou de papier au diamètre de la chambre du canon.

c. unité de longueur ancienne qui correspond à 1,949 m.

Données :

- célérité de la lumière dans l'air : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8,3 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$;
- masse d'une mole d'air : $M = 2,9 \times 10^{-2} \text{ kg.mol}^{-1}$;
- température absolue : $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,1$.

1. Détermination expérimentale et historique de la célérité des ondes sonores dans l'air

- 1.1. Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Définir une onde mécanique puis préciser ce que signifie le caractère longitudinal de l'onde sonore.
- 1.2. Dans l'expérience, la célérité des ondes sonores produites par les deux canons opposées est-elle augmentée, diminuée ou inchangée lors de leur croisement ?
- 1.3. En utilisant les valeurs mesurées par les observateurs, calculer la valeur de la célérité des ondes sonores, notée v_{exp} . D'après le texte, pour les observateurs, de quel(s) paramètre(s) dépend, a priori, la célérité du son ?

Aide au calcul :

$$\frac{9\,549,6}{1,9490} = 4\,899,7 \quad ; \quad 9\,549,6 \times 1,9490 = 18\,612 \quad ; \quad \frac{4\,899,7}{54,6} = 89,7$$

$$\frac{54,6}{18\,612} = 293 \times 10^{-5} \quad ; \quad \frac{18\,612}{54,6} = 341$$

- 1.4. Les observateurs déclenchent leur chronomètre à l'apparition de la lumière. Quelle durée négligent-ils ? Pourquoi est-ce raisonnable ?

2. Comparaison de la célérité des ondes sonores dans l'air avec un modèle théorique

Le développement de la mécanique des fluides a permis d'élaborer un modèle pour la propagation des ondes mécaniques dans les gaz. L'expression théorique de la célérité de ces ondes qui découle de ce modèle est :

$$v_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

Avec M la masse d'une mole d'air, T sa température absolue, R la constante des gaz parfaits et γ (lettre grecque gamma) un nombre sans dimension qui dépend notamment des propriétés de l'air.

La valeur du coefficient γ de l'air a été déterminée par Rückhardt (1929, scientifique allemand) en utilisant les propriétés élastiques des gaz :

$$\gamma = 1,4$$

- 2.1. Calculer la valeur théorique $v_{\text{théo}}$ de la célérité des ondes sonores dans l'air à la température $\theta = 15,9^\circ\text{C}$ de l'atmosphère dans la nuit du 21 juin 1822.

Aide au calcul :

$$\frac{1,4 \times 8,3}{2,9} = 4,0 \quad ; \quad \sqrt{289} = 17 \quad ; \quad \frac{2,9}{(1,4 \times 8,3)} = 25 \times 10^{-2} \quad ; \quad \frac{17}{5} = 3,4$$

- 2.2. Vérifier que la valeur théorique $v_{\text{théo}}$ est proche de la valeur expérimentale v_{exp} déterminée dans la question 1.3.
2.3. Si l'expérience s'était déroulée en hiver avec une température extérieure de 0°C et en considérant que γ reste constant, la valeur trouvée de la célérité serait-elle plus grande ou plus petite ? Justifier.

Exercice 2 – Un séisme dans le Jura

Les données et les informations utilisées dans cet exercice sont issues des sites Internet du Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) et de l'École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) : <http://renass.u-strasbg.fr> et <http://eost.u-strasbg.fr>

Le 23 février 2004, un séisme de magnitude 5,1 selon le Réseau National de Surveillance Sismique s'est produit à Roulans (dans le département du Doubs), à 20 km au nord-est de Besançon. Ce séisme a été ressenti très largement en dehors du Doubs dans tout l'est de la France, en Suisse et dans le nord-ouest de l'Allemagne, sans faire de victimes ni de dégâts significatifs.

Lors d'un séisme, des ondes traversent la Terre. Elles se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismomètres. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont modifiées par les structures géologiques traversées. C'est pourquoi les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure.

Parmi les ondes sismiques, on distingue :

- les ondes P ou ondes primaires, qui sont des ondes de compression ou ondes longitudinales ; leur célérité v_p vaut en moyenne $v_p = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$;
- les ondes S ou ondes secondaires, appelées également ondes de cisaillement ou ondes transversales ; leur célérité v_s vaut en moyenne $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$.

L'écart entre les dates d'arrivée des ondes P et S renseigne, connaissant la célérité des ondes, sur l'éloignement du lieu où le séisme s'est produit.

Le document EN ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE présente un extrait de sismogramme relevé dans une station d'enregistrement après le séisme du 23 février de Roulans.

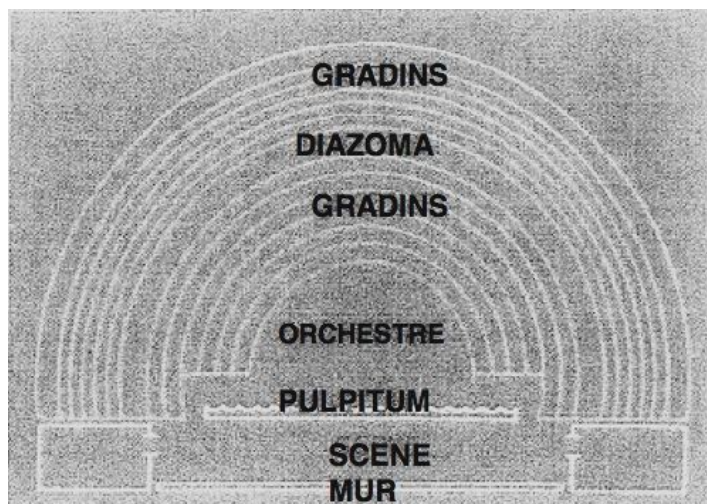
On notera t_0 la date correspondant au début du séisme, date à laquelle les ondes P et S sont générées simultanément.

1. En utilisant des informations du texte encadré, associer, sur le document EN ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE, à chaque signal observé sur le sismographe, le type d'ondes détectées (ondes S ou ondes P). Justifier.
2. Relever sur ce document les dates d'arrivée des ondes S et P à la station d'enregistrement notées respectivement t_s et t_p .
3. Soit d la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit. Exprimer la célérité notée v_s des ondes S en fonction de la distance d parcourue et des dates t_s et t_0 . Faire de même pour les ondes P avec les dates t_p et t_0 .
4. Retrouver l'expression de la distance d :

$$d = \frac{v_s v_p}{v_p - v_s} (t_s - t_p)$$

5. En déduire la valeur numérique de cette distance d (*rappel : calculatrice interdite, pas d'aide au calcul car cela se simplifie*).

Exercice 3 – La physique au service de l’acoustique des théâtres antiques



Le théâtre antique d'Aspendos (50 km d'Antalya, en Turquie) est le mieux conservé de toute l'Asie Mineure. Construit au II^{ème} siècle après J.C., sa célébrité est due à son excellent état de conservation, mais aussi à son acoustique remarquable qui, comme l'ensemble des théâtres antiques, révèle la réussite de son architecte. Les spectateurs assis au dernier rang de ce théâtre, doté d'une capacité d'accueil de 15 000 personnes, peuvent en effet entendre très distinctement les paroles d'un acteur situé sur la scène à une distance de plusieurs dizaines de mètres !

Cet exercice a pour objectif de comprendre comment les architectes ont réussi, par ce type de construction, à obtenir de tels résultats acoustiques.

1. Généralités

1.1. Le son est une onde mécanique progressive. Définir le terme souligné.

1.2. Dans un espace à combien de dimensions se propage une onde sonore ?

2. Utilisation d'un émetteur ultrasonore

Un émetteur ultrasonore est utilisé pour réaliser cette simulation. On rappelle les informations suivantes :

- les sons audibles par l'oreille ont une fréquence f comprise entre 20 Hz et 20 kHz ;
- lorsque la fréquence f est supérieure à 20 kHz, on parle d'ultrasons ;
- ordre de grandeur de la célérité des sons émis par la voix et des ultrasons dans l'air dans les conditions habituelles : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

2.1. Définir en une phrase ce qu'est la longueur d'onde λ .

2.2. Donner la relation existant entre la longueur d'onde λ , la célérité v et la fréquence f d'une onde.

2.3. Déduire, de ce qui précède, que la longueur d'onde des ultrasons est inférieure à celle des sons moyens de la voix. Justifier précisément la réponse.

2.4. Justifier alors l'intérêt d'utiliser ce type d'ondes dans le cadre d'une simulation avec une maquette.

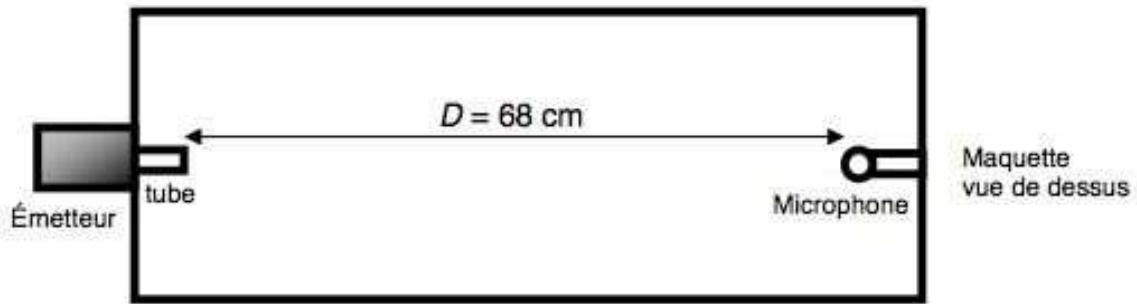
2.5. Définir ce qu'on appelle un milieu dispersif.

2.6. L'air est-il un milieu dispersif pour les ondes sonores et ultrasonores ? Justifier la réponse.

3. Influence du plafond

Les salles de concert couvertes n'ont pas la même acoustique que les théâtres en plein air. On se propose dans cette partie d'étudier l'impact d'un plafond recouvrant totalement la salle de concert sur l'acoustique de cette salle. Pour cela on utilise une maquette rectangulaire dont le couvercle est amovible.

Une des parois latérales est traversée par un tube, relié comme précédemment à un émetteur ultrasonore. La longueur d'onde du son émis est là encore réduite dans le rapport indiqué par l'échelle de la maquette. Sur la paroi opposée est disposé un microphone :



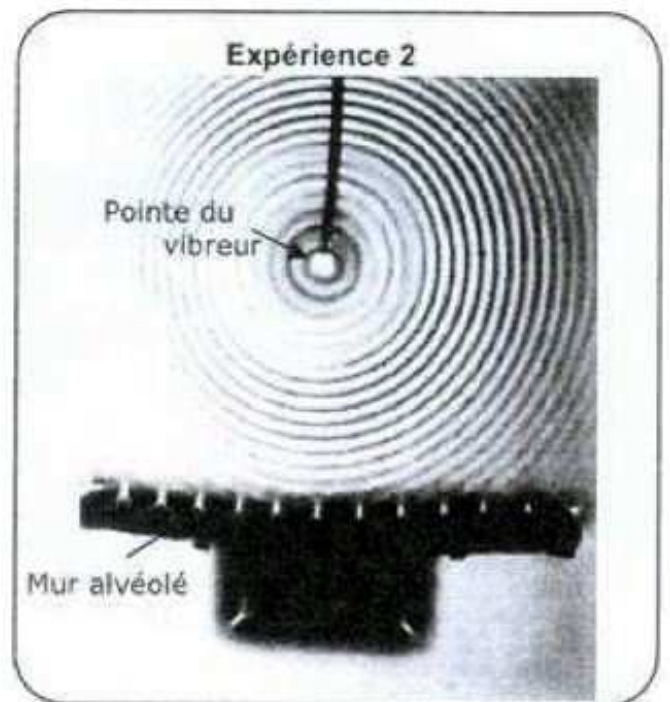
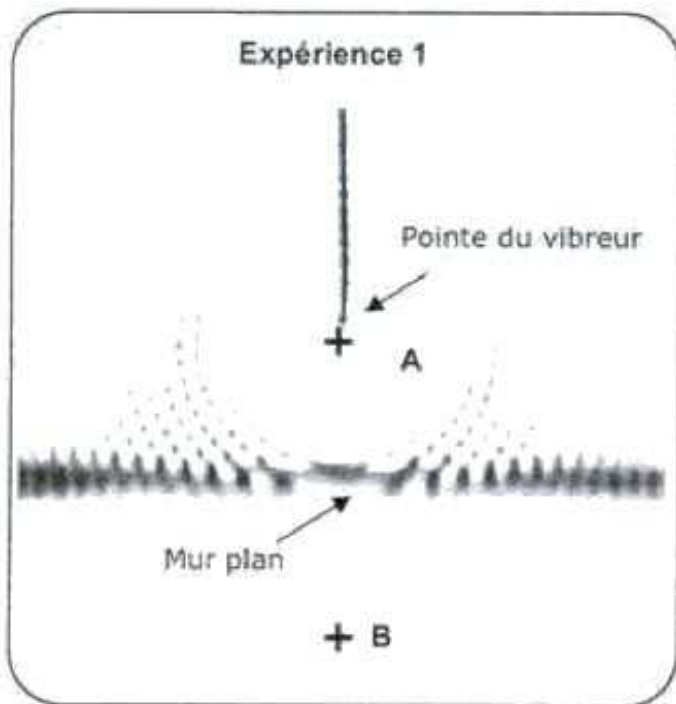
L'expérience consiste à envoyer pendant un temps très court (1 ms), un top d'émission (au niveau de l'extrémité du tube). Un microphone est situé à une distance D du tube.

Un oscilloscope permet de recevoir d'abord l'émission arrivant directement, puis tous les échos successifs. Le TOP est reçu avec un retard τ par rapport au TOP émis. On réalise 3 expériences :

- Expérience ① avec le couvercle ;
- Expérience ② avec un couvercle recouvert de moquette ;
- Expérience ③ sans couvercle.

Les résultats obtenus sont présentés en annexe.

- 3.1. À l'aide des données de l'énoncé (la célérité v des ultrasons dans l'air n'ayant pas changé), évaluer le retard τ entre l'émission et la réception du top par le microphone.
- 3.2. Comparer les résultats des trois expériences en termes d'amortissement de l'écho.
- 3.3. Parmi les trois expériences, quelle est la situation la plus intéressante d'un point de vue acoustique ? Justifier la réponse.
- 3.4. Justifier alors que le plafond des salles de concert est toujours recouvert de dalles alvéolées constituées d'un matériau très absorbant.



4. Rôle du mur : simulation à l'aide d'une cuve à ondes

La propagation des ondes et leur comportement quand elles rencontrent une surface réfléchissante peuvent être assez bien matérialisés au moyen d'une cuve à ondes.

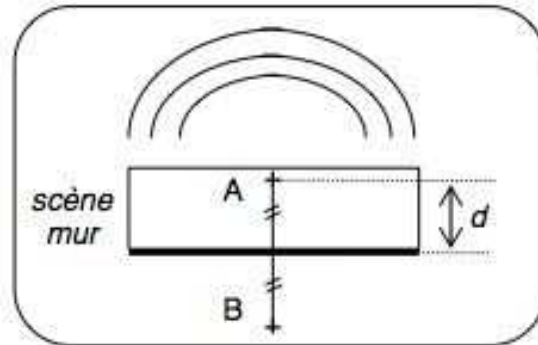
Un vibreur muni d'une pointe, frappe verticalement, avec une fréquence connue, la surface de l'eau contenue dans une cuve à ondes.

Expérience 1 : On réalise l'expérience en plaçant un mur plan. On constate la présence d'échos. Tout se passe comme s'il y avait une deuxième source.

Expérience 2 : On utilise cette fois-ci un mur alvéolé.

On obtient les images reproduites au bas de la page 4 (vues de dessus). Une image agrandie de l'**expérience 2** (cliché) est représentée en annexe.

- 4.1. Les ondes créées par le vibreur à la surface de l'eau sont-elles longitudinales ou bien transversale? Justifier.
- 4.2. Dans le cas de l'expérience 1, l'onde émise au point A rencontre le mur plan ce qui génère une onde réfléchie qui semble provenir de B, symétrique de A par rapport au plan formé par le mur. Celle-ci se superpose alors à l'onde incidente issue de A. En comparant les images de deux expériences, expliquez en quoi un mur plan est gênant pour la réception sonore dans les gradins.
- 4.3. À l'aide du cliché reproduit en annexe et en tenant compte de l'échelle du document, déterminer, le plus précisément possible, la valeur de la longueur d'onde λ en expliquant brièvement la méthode employée.
- 4.4. En analysant les expériences 1 et 2, justifier la forme du pulpitum (voir schéma 1 de l'énoncé) ainsi que la présence de niches et de colonnes dans le mur des théâtres antiques.
- 4.5. Les ondes réfléchies par le mur ne pouvant être totalement évitées, l'essentiel est que tous ces échos n'arrivent pas avec un trop grand retard. En effet, ce sont les consonnes qui forment l'armature de la parole. Leur durée d'émission est très courte ce l'ordre de $1/25^e$ de seconde. Pour qu'elles ne se juxtaposent pas, il faut que leur écho arrive avant la fin de leur émission.



Si l'orateur est placé en A, à une distance d du mur formant le fond de la scène, exprimer la distance AB en fonction de d .

- 4.6. En déduire l'expression en fonction de d et de v du retard Δt entre l'onde sonore émise par l'orateur au point A et l'onde réfléchie par le mur, qui semble issue du point B.
- 4.7. En utilisant les informations du texte d'introduction de la question 4.5, déterminer la profondeur maximale d_{\max} de la scène qui permet à la parole de rester nettement compréhensible. Pour faciliter le calcul numérique, on considèrera une célérité des ondes sonores égale à 350 m.s^{-1} .

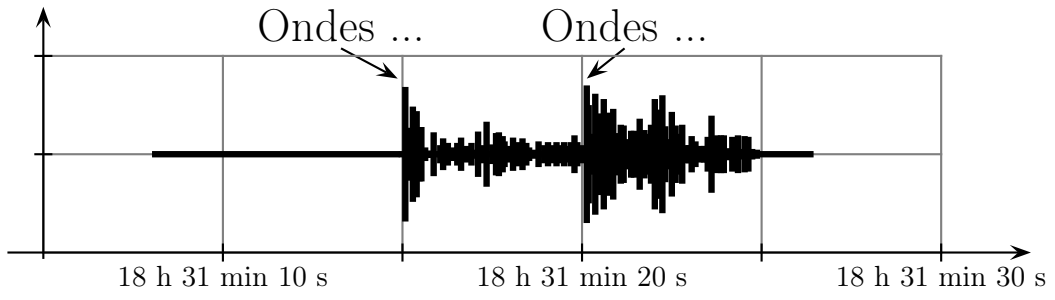
5. Conclusion (sans questions)

Une condition importante est aussi que les rayons n'arrivent pas affaiblis. Si les spectateurs étaient disposés dans un plan horizontal, leurs rangées successives absorberaient les ondes sonores et une faible énergie arriverait au dernier rang. Une inclinaison des gradins de 30° environ et croissante vers le haut empêche cette absorption.

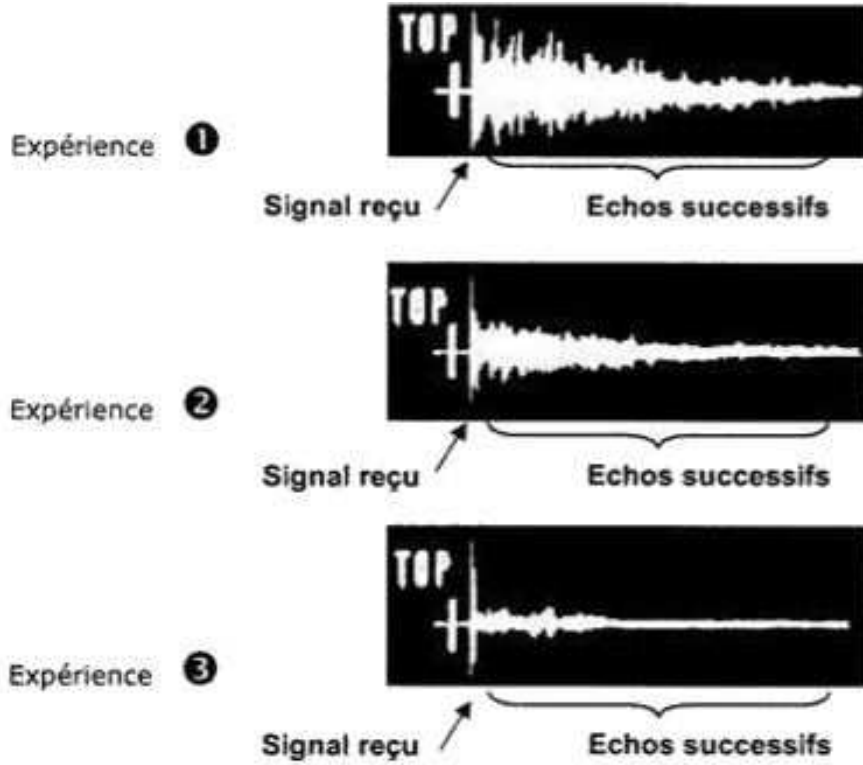
Ainsi, la bonne audition en ces points n'avait pas échappé aux architectes de l'époque, et il est remarquable que tout cela a été fait sans l'emploi des moyens modernes d'investigation (microphones, haut-parleurs, oscilloscopes...), mais uniquement en utilisant l'oreille et la géométrie.

Nom : Prénom :

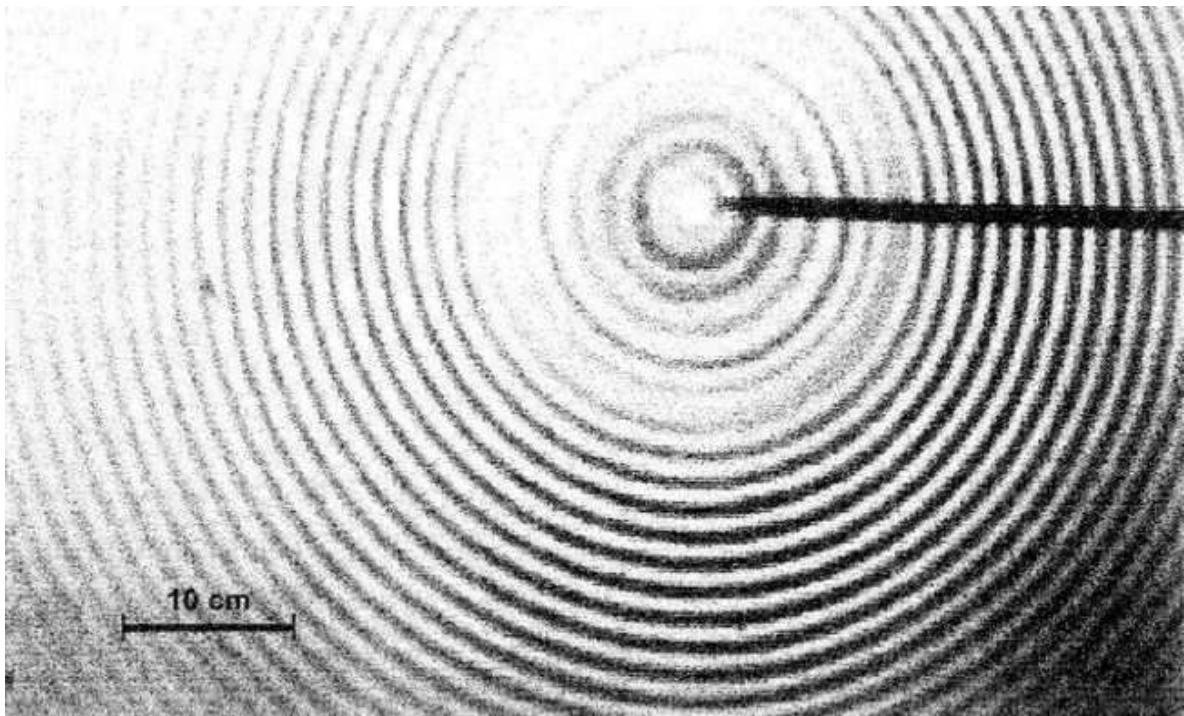
Exercice 2, questions 1 et 2



Exercice 3, questions 3.2 et 3.3



Exercice 3, question 4.3



Exercice 1 – La nuit du 21 juin 1822

1.1. Une onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, sans transport de matière.

Une onde est longitudinale si la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

1.2. Lors de leur croisement, la célérité des ondes n'est pas modifiée : les ondes se superposent.

1.3. Célérité des ondes :

$$v_{\text{exp}} = \frac{d}{t}$$

Application numérique, en utilisant la deuxième et la dernière aide aux calculs :

$$v = \frac{9\,549,6 \times 1,949}{54,6} = \frac{18\,612}{54,6} = 341 \text{ m.s}^{-1}$$

1.4. Les observateurs négligent la durée de propagation de la lumière. Ceci est tout-à-fait raisonnable, sachant que la célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air est très élevée ($c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$), largement supérieure à la célérité v_{exp} du son, et donc la propagation de la lumière peut être considérée comme quasiment instantanée.

1.5. Valeur théorique de la célérité du son :

$$v_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

Application numérique :

$$\begin{aligned} v_{\text{théo}} &= \sqrt{\frac{1,4 \times 8,3 \times (15,9 + 273,1)}{2,9 \times 10^{-2}}} \\ &= \sqrt{\frac{1,4 \times 8,3 \times 289}{2,9 \times 10^{-2}}} \end{aligned}$$

On peut isoler trois termes sous la racine carrée, afin d'utiliser les aides aux calculs :

$$\begin{aligned} v_{\text{théo}} &= \sqrt{\frac{1,4 \times 8,3}{2,9} \frac{\sqrt{289}}{\sqrt{10^{-2}}}} = \sqrt{4,0} \times \frac{17}{10^{-1}} \\ &= 2,0 \times 17 \times 10^1 = 34 \times 10^1 \text{ m.s}^{-1} \end{aligned}$$

1.6. Pour vérifier que deux valeurs sont proches, on utilise systématiquement la différence en pourcentage :

$$\frac{341 - 34 \times 10^1}{34 \times 10^1} = \text{très faible}$$

Les deux valeurs sont bien (très) proches.

1.7. Si on baisse la température, par exemple ici de $T = 289 \text{ K}$ à $T = 273 \text{ K}$, la célérité $v_{\text{théo}}$ va baisser, la variable température absolue T intervenant au numérateur sous la racine carrée.

Exercice 2 – Un séisme dans le Jura

1. Les ondes P, de plus grande célérité que les ondes S, vont arriver les premières sur le sismographe. Cette justification, exigible, permet de compléter l'annexe : ondes P à gauche, ondes S à droite.

2. $t_P = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 15 \text{ s}$;
 $t_S = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 20 \text{ s}$.

3. Expressions des célérités :

$$v_P = \frac{d}{t_P - t_0} \quad \text{et} \quad v_S = \frac{d}{t_S - t_0}$$

4. On isole t_0 dans les deux expressions précédentes :

$$\begin{aligned} t_P - t_0 &= \frac{d}{v_P} & \text{et} & & t_S - t_0 &= \frac{d}{v_S} \\ t_0 &= t_P - \frac{d}{v_P} & \text{et} & & t_0 &= t_S - \frac{d}{v_S} \end{aligned}$$

On regroupe les deux formes :

$$t_P - \frac{d}{v_P} = t_S - \frac{d}{v_S}$$

On regroupe à gauche les termes comportant d et on factorise :

$$\begin{aligned} \frac{d}{v_S} - \frac{d}{v_P} &= t_S - t_P \\ d \left(\frac{1}{v_S} - \frac{1}{v_P} \right) &= t_S - t_P \end{aligned}$$

On réduit les fractions à un dénominateur commun et on effectue un produit en croix :

$$\begin{aligned} d \left(\frac{v_P - v_S}{v_S v_P} \right) &= t_S - t_P \\ d &= \frac{v_S v_P}{v_P - v_S} (t_S - t_P) \end{aligned}$$

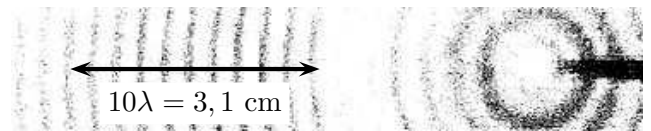
5. Application numérique — notez la conversion des km.s^{-1} en m.s^{-1} :

$$\begin{aligned} d &= \frac{6,0 \times 10^3 \times 3,5 \times 10^3}{6,0 \times 10^3 - 3,5 \times 10^3} \times 5 \\ d &= \frac{21 \times 10^3}{2,5} \times 5 = 21 \times 10^3 \times 2 = 42 \text{ km} \end{aligned}$$

Exercice 3 – L’acoustique des théâtres

- 1.1.** Une onde mécanique est une perturbation d’un milieu matériel élastique.
Une onde progressive est une perturbation qui se déplace dans le milieu, elle *progresses*.
- 1.2.** Les ondes sonores se déplacent dans toutes les directions de l’espace, donc trois dimensions.
- 2.1.** La longueur d’onde est la plus petite distance entre deux points en phase (les autres définitions sont moins générales).
- 2.2.** $\lambda = v/f$.
- 2.3.** La fréquence f des ondes intervient au dénominateur de la formule précédente ; puisque les fréquences des ultrasons sont supérieures à celles d’un son audible, les longueurs d’onde λ des ultrasons seront plus faibles que celles d’un son audible.
- 2.4.** En plus d’être inaudibles, et donc plus agréables à manipuler, les ultrasons permettent de réduire la taille de la maquette d’un facteur identique aux rapports des longueurs d’onde du son sur celle des ultrasons. On travaille par *simultanéité*, sur une maquette entièrement à l’échelle, y inclus les ondes utilisées.
- 2.5.** Un milieu dispersif est un milieu dans lequel la célérité des ondes dépend de leur fréquence.
- 2.6.** L’air est un milieu non dispersif : la célérité des sons et des ultrasons, de fréquences différentes, est constante.
- 3.1.** Retard τ pour une distance D et une célérité v :
- $$v = \frac{D}{\tau} \Leftrightarrow \tau = \frac{D}{v}$$
- Application numérique (simple!) :
- $$v = \frac{68 \times 10^{-2}}{34,0 \times 10^1} = 2,0 \times \frac{10^{-2}}{10^{-1}}$$
- $$v = 2,0 \times 10^{-3} \text{ s} = 2,0 \text{ ms}$$
- 3.2.** Dans l’expérience ①, l’écho est fort et persistant. Dans l’expérience ②, l’écho est plus faible, et quasiment nul dans l’expérience ③.
- 3.3.** La situation la plus intéressante du point de vue de l’acoustique est la situation ③ : l’écho est minime, les voix seront bien plus compréhensibles par l’ensemble des spectateurs. Le défaut de cette situation est l’absence de toit pour l’éventuelle salle de concert. Les conditions climatiques peuvent donc imposer la situation ②, qui est un pis-aller.
- 3.4.** Le plafond des salles de concert est recouvert de dalles alvéolées formées d’un matériau absorbant afin d’amortir et d’absorber le maximum d’ondes sonores, et ainsi d’éviter les échos au maximum. La cantine du lycée est un bon exemple d’un tel aménagement.

- 4.1.** Les ondes créées par le vibreur sont transversales ; en effet dans le texte il est indiqué que la pointe du vibreur frappe la surface de l’eau verticalement, les ondes *de gravité* formées se propagent horizontalement, à deux dimensions, à la surface de l’eau.
- 4.2.** On constate sur l’image de l’expérience 1 que les ondes sont peu visibles, car très atténuées : la réflexion ou écho sur le mur plan crée une onde réfléchie qui se superpose à l’onde incidente, en l’annulant partiellement. Cette situation est très défavorable à une écoute dans de bonnes conditions : le mur plan est très gênant.
À contrario sur l’image de l’expérience 2, les ondes sont bien visibles, le mur alvéolé améliore l’écoute.
- 4.3.** On mesure la longueur entre onze crêtes, donc dix longueurs d’ondes (plus simple à calculer que tout autre nombre, et suffisamment précis) :



Il faut de plus tenir compte de l’échelle du document, pour lequel 2 cm mesurés correspondent en fait à 10 cm :

$$10\lambda = 3,1 \times \frac{10}{2} = 15,5 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 1,55 \text{ cm}$$

- 4.4.** Le pulpitum est alvéolé côté orchestre pour minimiser les échos, et plan côté scène, bordée quant à elle par un mur alvéolé (les niches et les colonnes, qui n’ont pas qu’un rôle décoratif). Cette configuration élimine idéalement l’écho en direction des spectateurs, tout en permettant aux artistes d’entendre correctement l’orchestre.
- 4.5.** $AB = 2d$.
- 4.6.** Expression du retard Δt de l’écho sur l’onde incidente :
- $$v = \frac{AB}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{AB}{v} = \frac{2d}{v}$$
- 4.7.** Afin que les consonnes soient compréhensibles, il est nécessaire que le retard de l’écho ne dépasse pas $1/25^e$ de seconde :

$$\Delta t_{\max} = \frac{1}{25} \text{ s}$$

On en déduit la profondeur maximale de la scène :

$$\Delta t_{\max} = \frac{2d_{\max}}{v} \Leftrightarrow d_{\max} = \frac{\Delta t_{\max} v}{2}$$

Application numérique :

$$d_{\max} = \frac{\frac{1}{25} \times 350}{2} = \frac{350}{50} = 7,0 \text{ m}$$

Grille DS1 TS1 2011

- Conventions :
- = 1 point
 - = 1/2 point
 - + = Bonus 1/4 point
 - = Malus 1/4 point
 - = 0 point

I – La nuit du 21 juin 1822 .../10

- Perturbation milieu élastique
- Perturbation parallèle propagation
- Pas de modification, principe de superposition
- $v_{\text{exp}} = d/t = 341 \text{ m.s}^{-1}$, calculée
- Vent et température (un seul paramètre exigé)
- Temps de propagation de la lumière négligeable
- $T = 15,9 + 273,1 = 289,0 \text{ K}$ et M en kg.mol^{-1}
- $v_{\text{théo}} = 34 \times 10^1 \text{ m.s}^{-1}$, calculée
- Valeurs cohérentes
- Température ↘ donc $v_{\text{théo}}$ ↘, justifiée

II – Un séisme dans le Jura .../5

- P avant S justifié + Annexe P et S
- $t_P = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 15 \text{ s}$ et $t_S = \dots 20 \text{ s}$
- $v_P = d/t_P - t_0$ et $v_S = d/t_S - t_0$
- Démo d détaillée
- Calcul $d = 42 \text{ km}$ détaillé

III – Acoustique des théâtres antiques .../20

- Mécanique = milieu, progressive = déplacement
- Trois dimensions
- λ plus petite distance entre des points en phase
- $\lambda = v/f$
- $\lambda = v/f$
- Même célérité, fréquence ↗, donc λ ↘
- Maquette de petites dimensions !
- Dispersif : célérité qui dépend de la fréquence
- Air non dispersif, justifié
- $\tau = D/v = 0,68/340 = 2,0 \text{ ms}$
- $1 > 2 > 3$ en terme d'échos
- 3 meilleure car pas de plafond = pas d'échos
- Alvéoles pour diminuer l'écho
- Ondes transversales car vibreur vertical
- Ondes moins visibles = son moins fort
- $\lambda = 1,45 \text{ cm}$, sur 10λ ou plus
- $\lambda = 1,45 \text{ cm}$, sur 10λ ou plus
- Écho amorti car alvéolé sauf pour artistes
- $AB = 2d$
- $\Delta t = 2d/v$
- $\Delta t_{\text{max}} < 1/25 \text{ s} \Rightarrow d_{\text{max}} = 7,0 \text{ m}$

Total .../35

Note .../20

Grille DS1 TS1 2011

- Conventions :
- = 1 point
 - = 1/2 point
 - + = Bonus 1/4 point
 - = Malus 1/4 point
 - = 0 point

I – La nuit du 21 juin 1822 .../10

- Perturbation milieu élastique
- Perturbation parallèle propagation
- Pas de modification, principe de superposition
- $v_{\text{exp}} = d/t = 341 \text{ m.s}^{-1}$, calculée
- Vent et température (un seul paramètre exigé)
- Temps de propagation de la lumière négligeable
- $T = 15,9 + 273,1 = 289,0 \text{ K}$ et M en kg.mol^{-1}
- $v_{\text{théo}} = 34 \times 10^1 \text{ m.s}^{-1}$, calculée
- Valeurs cohérentes
- Température ↘ donc $v_{\text{théo}}$ ↘, justifiée

II – Un séisme dans le Jura .../5

- P avant S justifié + Annexe P et S
- $t_P = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 15 \text{ s}$ et $t_S = \dots 20 \text{ s}$
- $v_P = d/t_P - t_0$ et $v_S = d/t_S - t_0$
- Démo d détaillée
- Calcul $d = 42 \text{ km}$ détaillé

III – Acoustique des théâtres antiques .../20

- Mécanique = milieu, progressive = déplacement
- Trois dimensions
- λ plus petite distance entre des points en phase
- $\lambda = v/f$
- $\lambda = v/f$
- Même célérité, fréquence ↗, donc λ ↘
- Maquette de petites dimensions !
- Dispersif : célérité qui dépend de la fréquence
- Air non dispersif, justifié
- $\tau = D/v = 0,68/340 = 2,0 \text{ ms}$
- $1 > 2 > 3$ en terme d'échos
- 3 meilleure car pas de plafond = pas d'échos
- Alvéoles pour diminuer l'écho
- Ondes transversales car vibreur vertical
- Ondes moins visibles = son moins fort
- $\lambda = 1,45 \text{ cm}$, sur 10λ ou plus
- $\lambda = 1,45 \text{ cm}$, sur 10λ ou plus
- Écho amorti car alvéolé sauf pour artistes
- $AB = 2d$
- $\Delta t = 2d/v$
- $\Delta t_{\text{max}} < 1/25 \text{ s} \Rightarrow d_{\text{max}} = 7,0 \text{ m}$

Total .../35

Note .../20