

Exercices : Ondes dans la matière

5 Le pendule de Newton

Un pendule de Newton est constitué de boules identiques en acier, suspendues de manière à pouvoir osciller dans un plan vertical. Initialement, les boules sont au contact les unes des autres, immobiles et alignées horizontalement.



On soulève, puis on lâche la première boule. Elle vient heurter la deuxième boule et s'immobilise. On observe alors que la dernière boule se soulève.

1. Quelle forme d'énergie possède la première boule :

- juste avant d'être lâchée ?
- juste avant de heurter la deuxième boule ?
- juste après ce choc ?

2. Dans ce dispositif observe-t-on :

- un transport de matière ?
- un transport d'énergie ?

7 Émetteurs et détecteurs d'ondes mécaniques

1. Parmi les exemples suivants, identifier les émetteurs et les détecteurs d'ondes mécaniques :



a
Un pointeur laser



b
Un haut-parleur



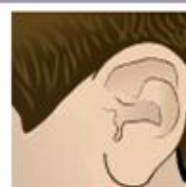
c
Un détecteur de fumée



d
Un microphone



e
Une parabole



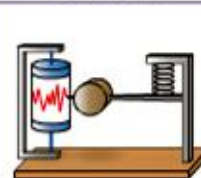
f
Une oreille



g
Un œil



h
Un écran de cinéma



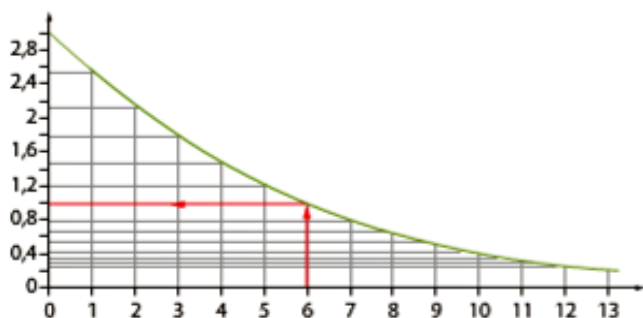
i
Un sismomètre

2. Quel est le rôle d'un émetteur d'onde mécanique ?

3. À quoi est sensible un détecteur d'onde mécanique ?

17 Addition des niveaux sonores

Le graphique suivant permet de connaître le niveau d'intensité sonore résultant de plusieurs sources différentes :



Exemple d'utilisation : Supposons qu'en un lieu donné, deux machines de niveaux sonores 81 dB et 87 dB fonctionnent en même temps. Sur le graphique, on lit que pour une différence de niveau sonore de 6 dB entre deux sources (valeur portée en abscisse), il faut ajouter 1 dB (valeur lue en ordonnée) au niveau le plus élevé pour obtenir le niveau sonore de l'ensemble des deux machines, soit $87 + 1 = 88$ dB.

1. Retrouver par le calcul le niveau sonore atteint par deux machines de niveaux d'intensité sonore 81 dB et 87 dB fonctionnant en même temps.

2. En utilisant le graphique précédent, déterminer le niveau d'intensité sonore atteint :

- lorsque deux marteaux-piqueurs, dont les niveaux d'intensité sonore sont respectivement 90 dB et 93 dB, fonctionnent ensemble ;
- lorsque deux machines identiques, dont le niveau d'intensité sonore est de 81 dB, fonctionnent en même temps.

Données. Vitesse du son dans l'air à 20°C : $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Seuil d'audibilité à $1\,000 \text{ Hz}$: $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

24 L'échelle de Richter

Plusieurs échelles de magnitude ont été développées pour comparer les séismes entre eux. La grandeur M , définie par Richter en 1935, appelée désormais magnitude locale car adaptée aux séismes proches, est une échelle logarithmique de la forme $M = \log A + C$, où A est l'amplitude maximale des ondes sismiques P et C, une constante de calibration qui tient compte du type de sismomètre utilisé, de la distance entre le séisme et la station d'enregistrement, de la profondeur du séisme, de la nature du sous-sol.

Par quel facteur est multipliée l'amplitude des ondes P enregistrées par le sismomètre d'une station sismique lorsque la magnitude augmente d'une unité sur l'échelle de Richter ?

25 Les marégraphes côtiers numériques

Un marégraphe est un instrument de mesure et d'enregistrement automatique du niveau de la mer à un endroit donné. Les marégraphes côtiers numériques (MCN) sont équipés d'un capteur ultrasonore qui, placé au-dessus de la surface de l'eau,

émet une courte salve d'impulsions ultrasonores puis détecte le signal réfléchi. Le temps écoulé entre l'émission et la réception du signal est traduit en hauteur d'eau.

Le capteur est placé dans un puits pour empêcher les ondes ultrasonores d'être perturbées par la houle, le vent...

1. a. Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques de compression. Définir une onde mécanique.

b. Exprimer la durée Δt écoulée entre l'émission et la réception d'une salve d'ultrasons, en fonction de L et v , où v désigne la célérité du son dans l'air.

c. La hauteur H de la marée est repérée par rapport à une référence appelée « zéro hydrographique ». Montrer que cette hauteur est liée à la durée Δt par la relation : $H = D - (v \cdot \Delta t / 2)$.

2. Le capteur est placé à 10,0 m au-dessus du zéro hydrographique. On donne un extrait des hauteurs de marées mesurées le dimanche 31 juillet 2005 à Fort-Mahon (Picardie) :

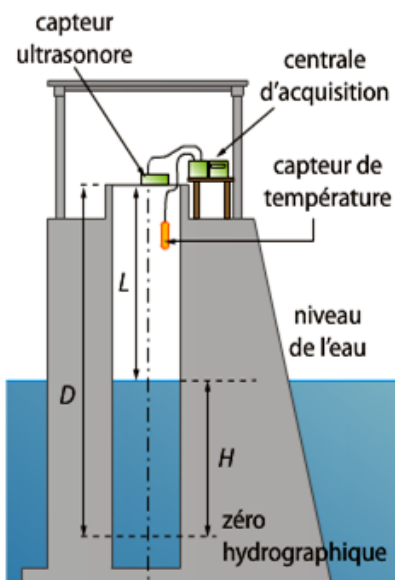
Date	03 h 19	09 h 00	15 h 52	21 h 32
Hauteur	3,07 m	7,50 m	3,20 m	7,63 m

Calculer la durée Δt_1 qui a permis de calculer la hauteur d'eau à marée basse à 15 h 52. On supposera qu'au moment de cette mesure, la vitesse du son dans l'air vaut $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et la température de l'air est $\theta_1 = 14^\circ \text{C}$.

3. Le même jour au Cap-Ferret (Gironde), avec une installation identique à celle de Fort-Mahon, une durée Δt_2 supérieure à Δt_1 a conduit à la même valeur de hauteur d'eau H que précédemment.

a. Dans l'expression établie à la question 1.c, quelle est la grandeur physique responsable de la différence de la durée Δt de propagation des salves d'ultrasons entre Le Cap-Ferret et Fort-Mahon ? Justifier la réponse.

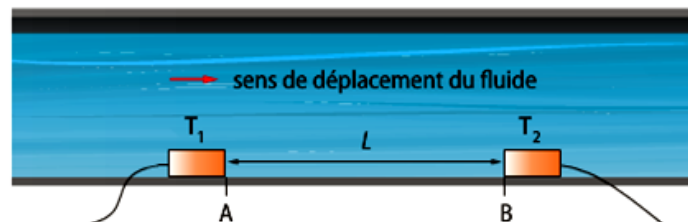
b. Justifier la présence d'un capteur de température dans le marégraphe.



27 Vitesse d'un fluide

On se propose de calculer la vitesse d'écoulement d'un fluide dans une canalisation (pétrole dans un oléoduc par exemple). Pour cela, on place en deux points A et B de la canalisation deux transducteurs sonores T_1 et T_2 pouvant fonctionner indifféremment en émetteur ou en récepteur d'ultrasons.

À l'aide d'un oscilloscope, on mesure la durée Δt que mettent les ultrasons pour parcourir la distance L qui sépare les points A et B.



Dans le fluide au repos, les ultrasons se propagent à la vitesse v . Dans le fluide en mouvement à la vitesse u , les ultrasons se propagent :

- à la vitesse $(v + u)$ dans le sens de déplacement du fluide ;
- à la vitesse $(v - u)$ dans le sens opposé.

1. Établir l'expression littérale de la durée Δt_1 que mettent les ultrasons pour aller de A en B en fonction de L , v et u .

2. Établir une expression analogue pour la durée Δt_2 mise par les ultrasons pour aller de B vers A.

3. En déduire la différence τ entre Δt_2 et Δt_1 en fonction de L , v et u .

4. Montrer que la vitesse d'écoulement u du fluide vérifie $u \approx (\tau \cdot v^2) / (2L)$ en négligeant u devant la vitesse v des ultrasons dans le fluide.

5. Calculer la vitesse d'écoulement u du fluide dans la canalisation pour $L = 2,00 \text{ m}$, $v = 1,5 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\tau = 5,0 \mu\text{s}$.