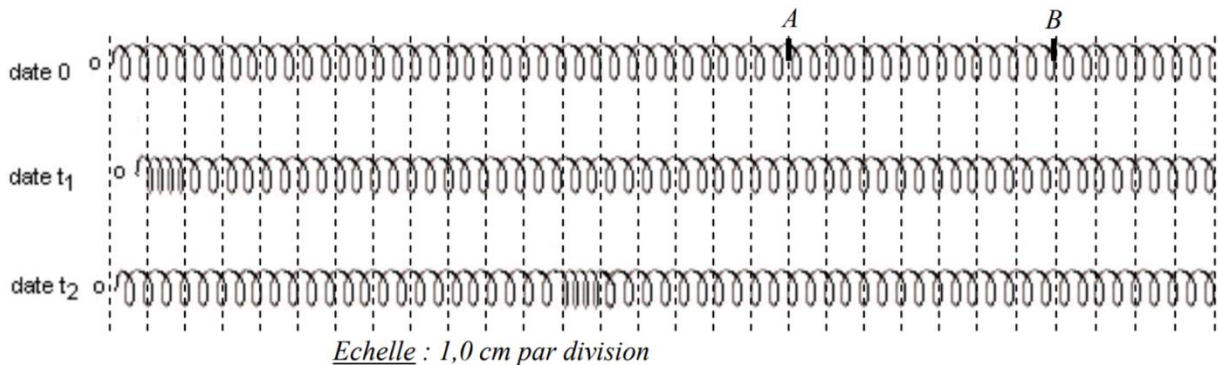




EXERCICES ONDES PROGRESSIVES

Evolution d'une perturbation le long d'un ressort

Une perturbation se propage de gauche à droite le long d'un ressort à spires non jointives. On observe l'état du ressort à 3 dates $t_0 = 0$ s, $t_1 = 0,20$ s et $t_2 = 2,4$ s.



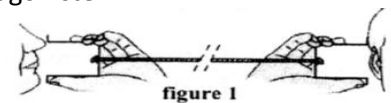
1. Donner la définition d'une onde mécanique progressive.
2. Déterminer la célérité v de cette perturbation en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
3. Quelle est la durée Δt de la déformation. Détailler le calcul.
4. Cette déformation est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.
5. Déterminer le retard t du point B par rapport au point A.

Le téléphone pot de yaourt

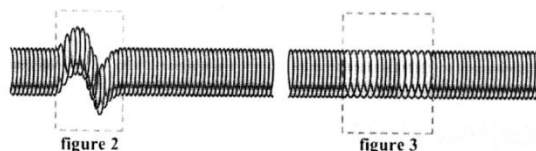
A l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien plus archaïque... le téléphone pot de yaourt :

L'onde sonore produite par le premier interlocuteur fait vibrer le fond du pot de yaourt, le mouvement de va et vient de celui-ci, imperceptible à l'œil, crée une perturbation qui se propage le long du fil. Cette perturbation fait vibrer le fond du second pot de yaourt et l'énergie véhiculée par le fil peut être ainsi restituée sous la forme d'une onde sonore perceptible par un second protagoniste.

1. Compléter la chaîne des différents milieux de propagation des ondes mécaniques au sein du dispositif : de la bouche à la personne qui parle, à l'oreille de la personne qui écoute (fig. 1).



Le fil légèrement élastique peut être modélisé par un ressort à spires non jointives. Les schémas suivants illustrent les conséquences de deux modes de déformation d'un ressort : l'écartement d'une extrémité du ressort selon une direction perpendiculaire à l'axe de celui-ci produit une onde de cisaillement (fig. 2), alors qu'une déformation selon l'axe du ressort produit une onde de compression (fig. 3).



2. Attribuer, à chacune des situations représentées sur les figures 2 et 3, les termes d'onde longitudinale et d'onde transversale. Justifier votre réponse.

Seul le mode de déformation de la figure 3 correspond au phénomène observé sur le fil du dispositif étudié par la suite.

On souhaite déterminer la vitesse de propagation de l'onde le long du fil. Pour cela, on réalise le montage de la figure 4 :

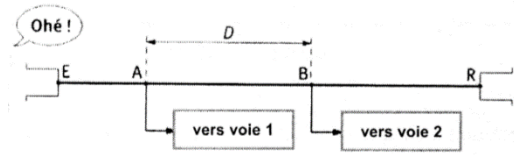


figure 4

A une température de 25 °C, deux capteurs, reliés en deux points A et B distants d'une distance $D = 20$ m sur le fil, enregistrent l'amplitude de la perturbation émise par l'émetteur au cours du temps.

3. A partir de l'enregistrement de la figure 5, déterminer avec quel retard τ par rapport au point A, le point B est atteint par le signal. La sensibilité verticale est de 1mV/div et la sensibilité horizontale de 5ms/div.
4. Donner l'expression de la célérité v de l'onde sur ce fil en fonction de D et τ . Calculer sa valeur.

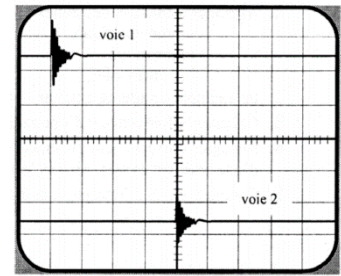


figure 5 5ms/div

Le fil ER de longueur $L = 50$ m est assimilé à un ressort de constante de raideur $k = 20 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-2}$ et de masse linéique $\mu = 1,0\cdot 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$.

Un modèle simple de la célérité v d'une onde de ce type dans ce fil est donné par l'expression suivante :

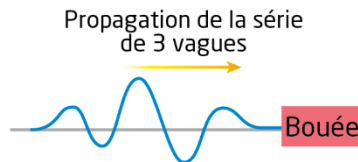
$$v = \sqrt{\frac{kL}{\mu}}$$

5. Montrer, par une analyse dimensionnelle que cette relation est bien homogène à une vitesse.
- Rappel : Remplacer chaque grandeur par son unité. Les [] signifient « l'unité de ».
6. Calculer la célérité de l'onde sur le fil ER et la comparer à la valeur obtenue expérimentalement.

Décrire une onde à la surface de l'eau

Une bouée est sur le point de subir une série de 3 vagues générées par le passage d'un bateau. La vue en coupe de la surface de l'eau est donnée par le schéma suivant.

a. Décrire la propagation de la perturbation à la surface de l'eau et préciser, en les justifiant, ses caractéristiques.



b. Donner, sans souci d'échelle, l'allure de la courbe représentant au cours du temps le déplacement de la bouée au passage de la perturbation en prenant comme origine des temps l'arrivée de la perturbation sur la bouée.

Sonar du dauphin

Le dauphin dispose d'un sonar très efficace. Il émet des clics ultrasonores lors de ses déplacements. Ces ondes, réfléchies par des obstacles, sont interprétées par son cerveau. Un dauphin, effrayé par une orque, s'enfuit avec une vitesse de valeur $v_A = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et se dirige droit vers un bateau de pêche immobile. Tout en avançant, alors qu'il se trouve à une distance $d = 100$ m du bateau, il émet un clic ultrasonore.





- Si le dauphin continue à nager droit sur le navire, au bout de quelle durée Δt_1 va-t-il le percuter ?
- La célérité de l'onde ultrasonore dans l'eau est égale à $v_B = 1,5 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. On suppose que la position du dauphin est restée quasiment la même entre l'émission et la réception de l'onde ultrasonore. Au bout de quelle durée Δt_2 le dauphin reçoit-il l'écho du clic ultrasonore émis ?
- Le dauphin peut-il éviter le navire, sachant que son temps de réaction est de 500 ms ?

Chauve-souris

Les chauves-souris sont capables de repérer leurs proies grâce aux ondes ultrasonores. Elles émettent des salves ultrasonores et l'analyse de l'écho renvoyé par les proies permet de localiser celles-ci. On suppose qu'une chauve-souris veut repérer un insecte situé à une distance $d = 3,5 \text{ m}$ d'elle. La chauve-souris et l'insecte sont immobiles dans le référentiel terrestre. La célérité des ondes ultrasonores dans l'air est $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Déterminer la durée maximale Δt de la salve ultrasonore émise pour que l'écho ne se superpose pas à l'émission.



Ingénieur du son et ligne de retard

Lors d'un concert en plein air, le son est émis par des haut-parleurs situés en façade de la scène.



- Calculer la durée Δt au bout de laquelle des spectateurs, situés à une distance $d = 150 \text{ m}$ de la scène, entendent le son.
- Expliquer pourquoi, à cette distance d , les spectateurs perçoivent faiblement le son émis par les haut-parleurs situés en façade de la scène.
- Pour éviter ce problème, l'ingénieur du son met en place, à la distance d de la scène, une enceinte dite « de rappel » reliée aux microphones et installe un dispositif électronique appelé « ligne de retard » qui permet de décaler le départ du son émis par cette enceinte. Décrire le son globalement perçu par les spectateurs situés à proximité de l'enceinte de rappel en l'absence de ligne de retard sur cette enceinte.
- Préciser le retard que l'ingénieur doit programmer pour que les spectateurs situés à proximité de l'enceinte de rappel perçoivent un son clair.