

Ondes

QUESTIONS DE COURS

En vérifiant que vous savez répondre à ces questions, vous contrôlez votre apprentissage du cours.

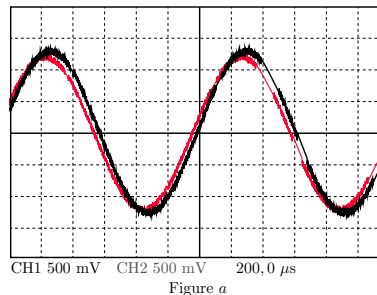
- ↪ Rappeler les grandeurs physiques correspondant à des signaux acoustiques et électromagnétiques.
- ↪ Citer quelques ordres de grandeur de fréquence dans les domaines acoustiques et électromagnétiques
- ↪ Définir une onde progressive, sa célérité et établir son expression mathématique en fonction de son sens de propagation.
- ↪ Définir une onde progressive harmonique, la représenter en indiquant ses différentes caractéristiques et relier les grandeurs spatiales et temporelles.
- ↪ Établir la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la vitesse de phase.
- ↪ Définir un milieu dispersif. En déduire une conséquence sur la présence des ondes progressives dans un milieu dispersif.

SAVOIR-FAIRE

Ces exercices sont à savoir résoudre en priorité. Ne passez pas aux exercices suivants sans avoir compris la correction de ceux-ci.

Savoir-faire 1 - Exploiter la propagation d'une onde sonore

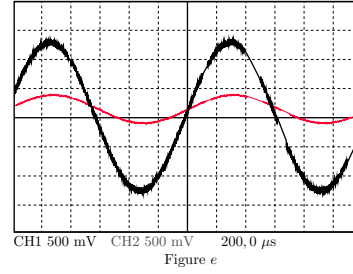
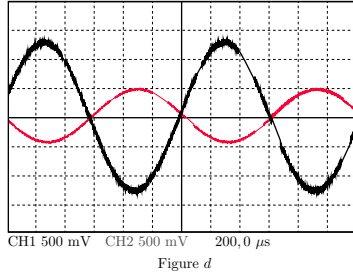
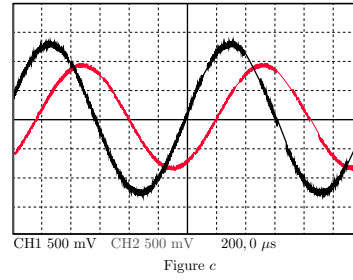
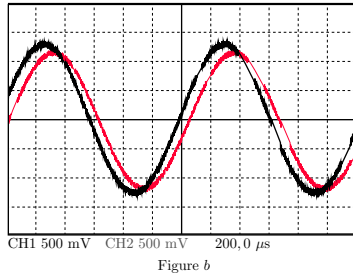
On considère les tensions délivrées par deux microphones : un fixe en O et l'autre mobile en M , captant une onde progressive sinusoïdale émise par un haut-parleur. Lorsque les deux microphones sont placés en O , on observe sur un oscilloscope le signal a .



1/ Quelle est la fréquence f de l'onde ?

Les figures b, c, d et e correspondent aux positions du point M d'abscisses x_1 , x_2 , $x_3 = 21$ cm et x_4 .

- 2/ Quelle est la longueur d'onde de l'onde sonore ?
- 3/ Que vaut la vitesse de propagation c de l'onde sonore ?
- 4/ Déterminer les abscisses x_2 et x_4 .



Savoir-faire 2 - Exploiter la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité

On considère une cuve à ondes remplie d'eau, et dotée d'un vibreur générant des ondes planes sinusoïdales à la fréquence $f = 100$ Hz. Un instantané de la surface de la cuve à ondes donne le résultat suivant :



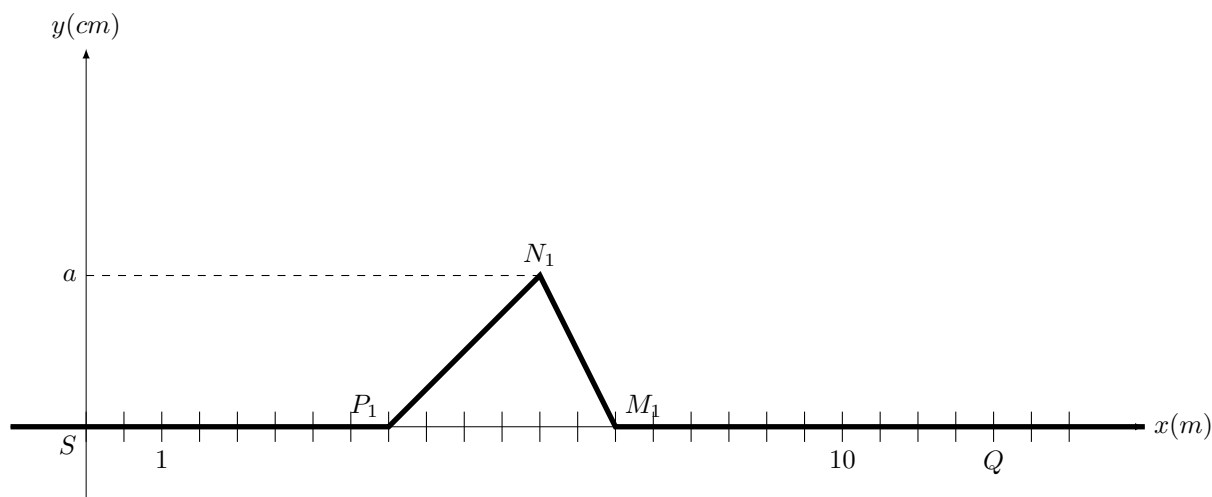
Rappeler la définition de la longueur d'onde d'une onde sinusoïdale, et déterminer la célérité des ondes se propageant à la surface du liquide.

LES INCONTOURNABLES

Exercices assez simples qui permettent de vérifier la maîtrise de la base.

Exercice 1 : Corde élastique

On étudie la propagation sans amortissement d'une perturbation le long d'une corde élastique. À la date $t = 0$, le front d'onde quitte le point S de la corde.

Aspect de la courbe à l'instant $t_1 = 2,30$ s

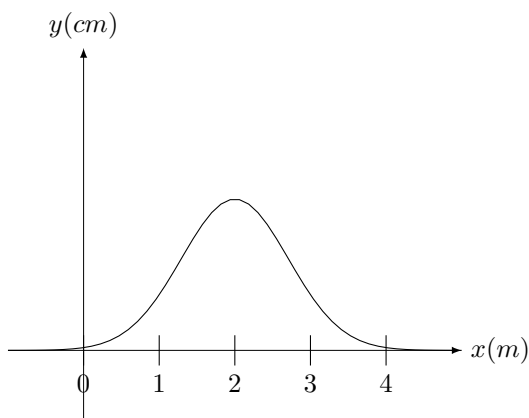
À la date $t_1 = 2,30$ s, on prend un cliché de la corde. Celui-ci est représenté ci-dessus avec des échelles différentes pour l'axe des abscisses et celui des ordonnées. On note M_1 la position du front d'onde à la date t_1 , N_1 celle de la crête et P_1 celle de la queue de l'onde.

- 1/ Calculer la célérité de l'onde le long de la corde.
- 2/ Quelle est la durée τ du mouvement d'un point de la corde au passage de l'onde?
- 3/ À la date t_1 , quels sont les points de la corde qui s'élèvent? Quels sont ceux qui descendent?
- 4/ Dessiner sur un graphique semblable à celui présent ci-dessus, l'aspect de la corde à la date $t_2 = 3,60$ s.
- 5/ Soit le point Q de la corde situé à 12,0 m du point S .
 - a) À quelle date t_3 commence-t-il à bouger?
 - b) À quelle date t_4 passe-t-il par un maximum d'altitude?
 - c) À quelle date t_5 cesse-t-il de bouger?
 - d) À l'aide des résultats précédents, schématiser l'allure de la courbe $y_Q = f(t)$, où y_Q représente l'élongation du point Q à la date t .

Exercice 2 : Onde le long d'une corde

On considère une onde se propageant sur une corde très longue, qui coïncide au repos avec l'axe Ox .

- 1/ Un vibreur excite la corde en $x = 0$, lui communiquant la hauteur $y_0(t)$. Sachant que la vibration se propage à la célérité c dans la direction des x croissants, expliciter la forme de l'onde $y_1(x, t)$.
- 2/ Qu'en est-il pour une onde $y_2(x, t)$ se propageant dans la direction des x décroissants?
- 3/ On considère l'onde progressive selon $+\vec{u}_x$ notée y_1 représentée ci-dessous à $t = 0$ s et qui se propage à une célérité $c = 2$ S.I. Quel est son aspect à $t' = 2$ s.

Aspect de la courbe à l'instant $t_1 = 2,30$ s

POUR S'ENTRAÎNER

Des exercices en plus autour des ondes.

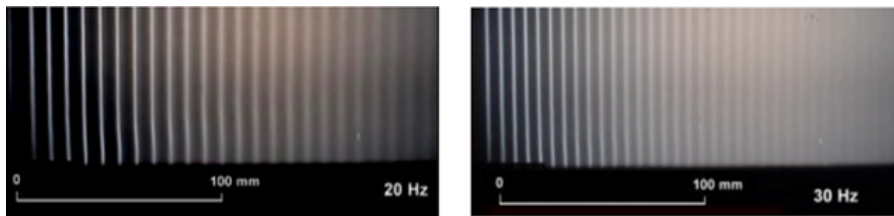
Exercice 3 : Effet Doppler

Un émetteur E émet une onde sonore se propageant à la vitesse c . Cet émetteur se déplace à la vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{e}_x$, et la position initiale de l'émetteur est $OE = l_0$. Un récepteur est fixe en O .

- 1/ En imaginant que l'émetteur émet un bip tous les T , trouver les dates de réception des différents bips par le récepteur.
- 2/ Montrer que le récepteur reçoit des bips tous les T' , et exprimer T' en fonction de T , v_0 et c . Ce résultat constitue l'effet Doppler.
- 3/ Commenter le sens physique de l'effet Doppler. Comment se débrouiller pour que la période T' perçue par le récepteur soit plus faible que T . Le son paraît-il alors plus aigu ou plus grave ?
- 4/ Par analogie avec les ondes acoustiques, dans quelle situation un conducteur peut-il voir vert (530 nm) un feu de circulation pourtant rouge (630 nm) ? Doit-on lui conseiller de plaider ainsi sa cause auprès des forces de l'ordre ?

Exercice 4 : Caractère dispersif de la cuve à ondes

À l'aide d'une baguette accrochée à un pot vibrant, on réalise des ondes bidimensionnelles dans une cuve à onde remplie par 5 cm d'eau. À l'aide des deux photographies, montrer que la cuve est un milieu dispersif.



DEVOIR-MAISON : LE SONAR

Cet exercice est un premier pas vers le travail du devoir surveillé.

Un sonar (SOund NAvigation and Ranging) est un dispositif de détection utilisant les ondes acoustiques comme signal détectant. Il permet aux marins de naviguer correctement (mesure de la profondeur) ou aux sous-marins de repérer les obstacles et les autres navires. Certains animaux (chauve-souris, dauphins, etc.) utilisent des systèmes similaires au sonar pour repérer leurs proies ou des obstacles.

On suppose dans cette partie que la mer est un milieu homogène dans lequel le son se propage rectilignement. À 10°C, la vitesse du son dans l'eau de mer est $c_{\text{mer}} = 1,50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.

L'avant d'un sous-marin est équipé d'un sonar lui permettant d'éviter d'entrer en collision avec un autre sous-marin. Le sonar est constitué d'un émetteur d'ondes sonores et d'un récepteur capable d'identifier l'écho de l'onde précédemment émise. On note O l'avant du sous-marin équipé du sonar et (Ox) l'axe du sous-marin, correspondant à l'axe de propagation de l'onde sonore. Un second sous-marin se trouve à distance L du premier, dans la configuration représentée figure ??.

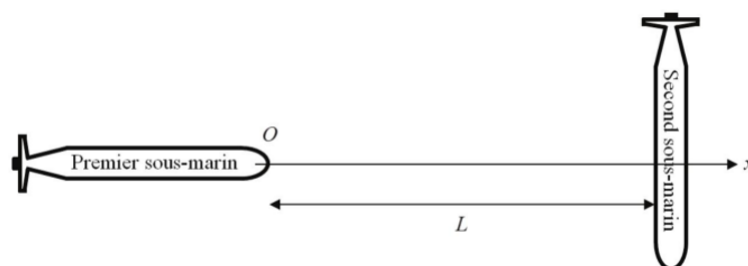


FIGURE 1 : Les sous-marin, vus de dessus

- 1/ Expliquer le principe de fonctionnement d'un sonar.
- 2/ L'émetteur produit une très brève impulsion sonore. Le récepteur en reçoit l'écho au bout d'une durée $\tau = 400 \text{ ms}$.
En déduire la distance L à laquelle se situe le second sous-marin.

À partir de l'instant $t = 0$, le sonar émet l'impulsion sonore pseudo-sinusoïdale représentée figure ?? pendant une durée $\Delta t = 500 \mu\text{s}$.

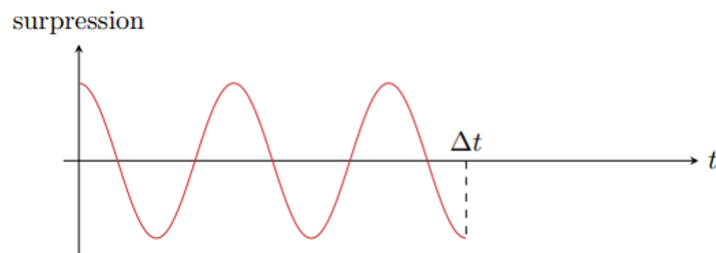


FIGURE 2 : Impulsion pseudo-sinusoïdale de durée Δt correspondant au signal envoyé par le sonar.

3/ Déterminer en justifiant la fréquence f de l'onde sonore émise par le sonar.

On s'intéresse à la propagation spatiale de l'impulsion sonore. On la représente alors dans un système d'axe dont l'abscisse est la position x mesurée à partir de l'avant du sous-marin qui émet l'onde ultrasonore.

4/ Exprimer et calculer numériquement la longueur spatiale Δx de l'impulsion.

5/ Représenter sur la copie l'impulsion sonore à l'instant $t = 12,0 \text{ ms}$ en fonction de x . Calculer numériquement, en justifiant précisément, les positions du début (ou front) de l'impulsion et de sa fin.

Un détecteur d'ondes sonores est placé sur le second sous-marin, sur l'axe (Ox) .

6/ Représenter sur la copie l'évolution de l'amplitude enregistrée par ce détecteur au cours du temps.

Calculer numériquement, en justifiant précisément, les instants auxquels le détecteur reçoit le début et la fin de l'impulsion