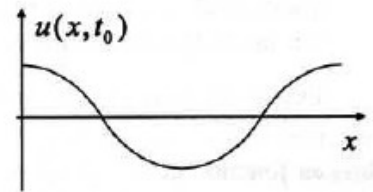


Exercice 1 : Nature d'une onde (AC)

On considère l'onde sinusoïdale représentée sur le graphe ci-contre.

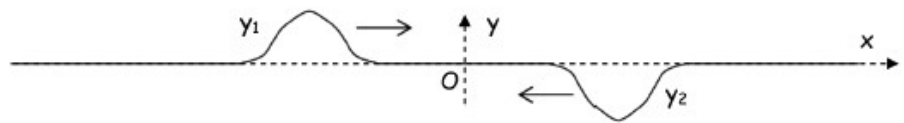
1. Peut-on conclure sur la nature progressive ou stationnaire de l'onde ?
2. Dessiner l'onde à un instant ultérieur dans le cas progressif puis stationnaire.



Exercice 2 : Superposition d'ondes (AC)

Deux perturbations symétriques et opposées se propagent sur une corde dans des sens opposés :

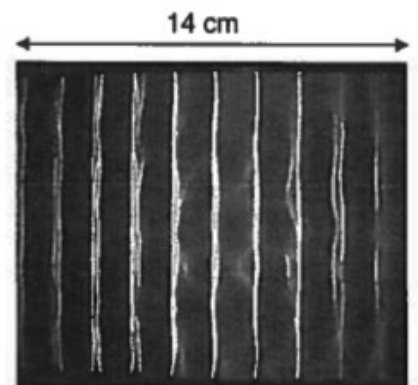
On note $y_1(x, t) = f(-x + ct)$ l'onde de déformation de la corde allant vers la droite et $y_2(x, t)$ celle allant vers la gauche.



1. Exprimer $y_2(x, t)$.
2. Dessiner intuitivement l'allure de la corde lorsque les deux ondes se superposent.
3. Quelle est, en fonction de f , l'expression de la déformation totale $y(x, t)$ de la corde à un instant quelconque.

Exercice 3 : Onde de houle

- Doc 1 : simulation de la houle au laboratoire avec une cuve à ondes en utilisant une lame vibrante qui crée à la surface de l'eau une onde sinusoïdale de fréquence $f = 7,9 \text{ Hz}$. La flaque d'eau contenue dans la cuve possède une épaisseur $e = 2 \text{ mm}$. Une photo par stroboscopie est donnée ci-contre.
- Doc 2 : vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau.
 - Cas des ondes dites « courtes » si la longueur d'onde λ est faible devant la profondeur h d'eau ($\lambda < 0,5 h$) : $c = \sqrt{\frac{g \lambda}{2 \pi}}$;
 - cas des ondes dites « longues » si $\lambda > 5 h$: $c = \sqrt{gh}$.



1. À quel type d'onde la houle présente dans la cuve correspond-elle ?
2. Combien de temps met l'onde pour traverser la cuve de longueur $D = 30 \text{ cm}$.
3. Calculer la période d'une houle maritime de longueur d'onde 60 m au niveau d'une fosse océanique de 3000 m .

Exercice 4 : Cordes de guitare

Une corde de guitare de longueur L est fixée à ses deux extrémités en $x=0$ et $x=L$. La corde est considérée comme étant sans épaisseur inextensible et sans raideur. On note μ sa masse linéique (masse par unité de longueur). Les frottements ainsi que le poids sont négligés devant la force de tension T supposée être la même tout le long de la corde.

1. Donner l'expression de la célérité des ondes de déformation sur la corde.
Vérifier l'homogénéité de cette relation.
2. Recherche des ondes stationnaires.
Déterminer la longueur d'onde λ_n ainsi que la fréquence f_n associées aux différents modes propres n possibles de la corde. Le mode $n=1$ est pris pour le mode fondamental. Les modes $n>1$ sont les harmoniques de rang n .
3. Dans la réalité, la corde est initialement au repos. On l'écarte de cette position puis on la laisse évoluer librement : il apparaît alors une vibration sur la corde. Que peut-on dire du spectre de cette vibration ? Comment peut-on caractériser la « note » jouée par la corde ?
4. Une guitare électrique comporte 6 cordes en acier. Le tableau ci-dessous fournit pour chaque corde la valeur de sa fréquence fondamentale lorsque la guitare est accordée (mi, la, ré, sol, si, mi) ainsi que son diamètre d .

Corde n°	1	2	3	4	5	6
Fréquence f du fondamental en Hz	82,5	110	147	196	247	330
Diamètre d en mm	1,12	0,89	0,70	0,55	0,35	0,25

Toutes les cordes ont une longueur $L=0,63\text{ m}$ et masse volumique $\rho=7800\text{ kg.m}^{-3}$.

Déterminer la norme T de la tension d'une corde en fonction de ρ , π , d , L et de la fréquence f du mode fondamental.

Calculer numériquement les tensions nécessaires pour que la guitare soit accordée.

Comparer à la tension usuelle d'un cordage de raquette de tennis qui est de « 25 kg » (i.e égale au poids d'une masse de 25 kg).

Pour aller plus loin ...

Exercice 5 : Note fondamentale d'un instrument à vent

Un tuyau sonore peut être le siège d'ondes acoustiques stationnaires qui vont dépendre des conditions aux limites imposées à ses deux extrémités. La figure ci-contre représente un tuyau cylindrique dont l'extrémité gauche est fermée et l'extrémité droite ouverte sur l'air. La pression acoustique (écart de la pression par rapport à la pression statique) présente alors un ventre de vibration du côté fermé et un nœud de vibration du côté ouvert.



Un instrument à vent peut être considéré comme un tuyau sonore de longueur L . Il se comporte donc pour certaines fréquences comme un résonateur siège d'un système d'ondes stationnaires de longueurs d'ondes λ_n . Ces fréquences sont les modes propres de l'instrument et correspondent aux notes qu'il est capable de générer.

1. La flûte traversière est un instrument considéré comme ouvert à ses deux extrémités. Faire un dessin de l'onde stationnaire dans le tuyau sonore correspondant à la note fondamentale, la note la plus basse générée par l'instrument.
AN : déterminer la longueur de l'instrument pour que son fondamental soit la note *mi* de fréquence $f_1^fl = 330\text{ Hz}$; prendre pour la vitesse du son dans l'air $c=340\text{ m.s}^{-1}$.
Exprimer f_1^fl en fonction de c et L .
2. L'anche d'une clarinette est assimilée à une extrémité fermée. Refaire un dessin de l'onde stationnaire dans le tuyau sonore correspondant à la note fondamentale, c'est-à-dire de plus grande longueur d'onde. La clarinette a une longueur L sensiblement identique à celle de la flûte traversière. En déduire la fréquence f_1^{cl} du fondamental de la clarinette ; quelle est le plus grave des deux instruments ?
3. Montrer que les notes harmoniques sont régulièrement espacées en fréquence et que l'écart Δf entre deux harmoniques successifs est le même pour la flûte traversière et la clarinette ; quel est cet écart ?