Thème I. Ondes et signaux (ondes)
TD n°27 Propagation d'un signal

Capacités \ Exercice n°	1	2	3	4	5	6	7
Utiliser la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la vitesse de phase.					✎	✎	
Écrire les signaux sous la forme $f(x-ct)$ ou $g(x+ct)$ ou $f(t-x/c)$ ou $g(t+x/c)$.	✎			✎			
Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée, et prévoir la forme à différents instants.		✎	✎	✎			
Définir un milieu dispersif.						✎	

Parcours possibles

— Si vous avez des difficultés sur ce chapitre : 1, 2, 3.
— Si vous vous sentez moyennement à l'aise, mais pas en difficulté : 2, 3, 4.
— Si vous êtes à l'aise : 2, 3, 4, 6.

I Exercices d'application directe du cours

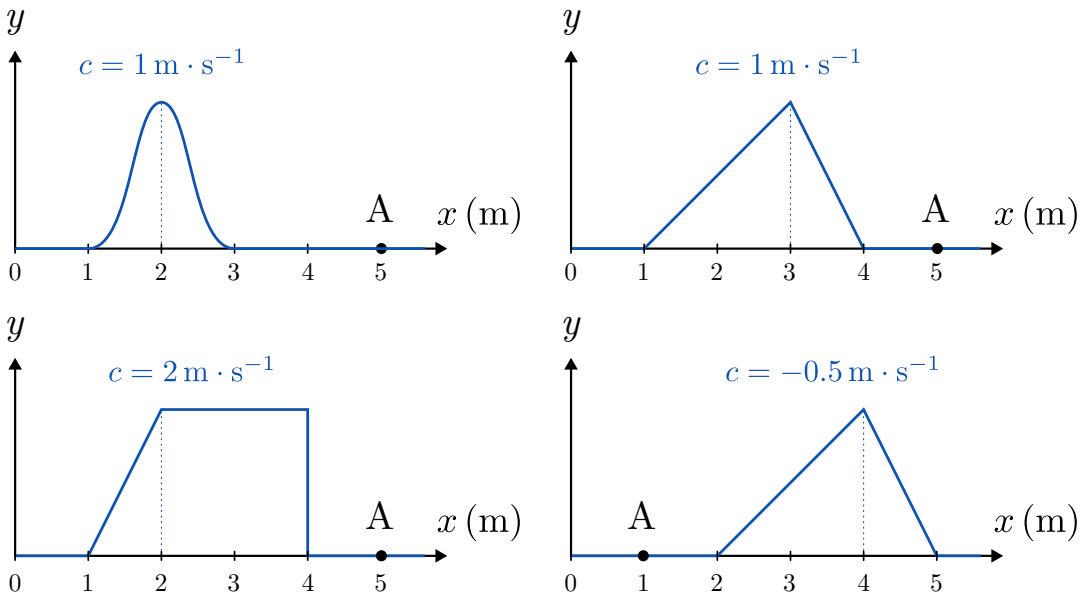
Exercice n°1 Onde progressive ou non ?

Parmi les fonctions suivantes, identifier lesquelles représentent des ondes progressives unidimensionnelles, et préciser, le cas échéant, le sens de propagation et la célérité c.

Q1. $s_1(x,t) = A\cos(\omega t - kx + \phi)$
Q2. $s_2(x,t) = A\cos(\omega t)\cos(kx)$
Q3. $s_3(x,t) = Ae^{-\left(\frac{x+ct}{\sigma}\right)^2}$
Q4. $s_4(x,t) = A\cos(\omega t - kx) + B\sin(\omega t + kx)$
Q5. $s_5(x,t) = A\cos(\omega t - kx) + B\sin(2\omega t - 2kx)$
Q6. $s_6(x,t) = A\sin(\omega t + kx)$
Q7. $s_7(x,t) = A\cos\left[\omega\left(t - \dfrac{x}{2b}\right)\right]$
Q8. $s_8(x,t) = Ae^{-k'x}\cos[k''(x-ct)]$
Q9. $s_9(x,t) = Ae^{-k'(x+ct)}\cos[k''(x-ct)]$
Q10. $s_{10}(y,t) = Ae^{-k'(y-ct)}\cos[k''(ct-y)]$

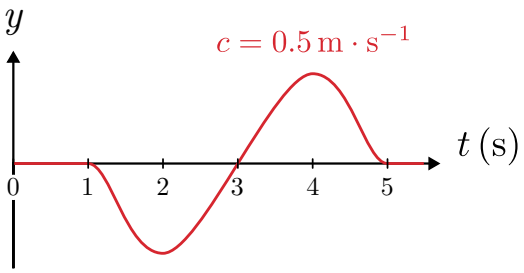
Exercice n°2 Du profil au signal

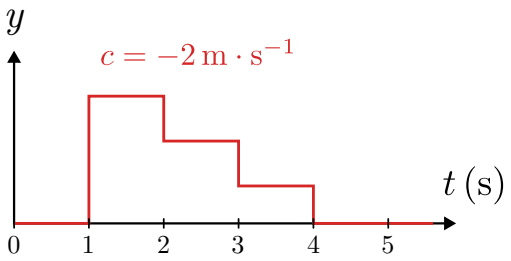
Chacun des cas ci-dessous illustre l'état d'une onde progressive $y(x,t)$ de célérité c à l'instant $t = 0$.
Représentez le signal perçu au point A pour $t > 0$ avec comme convention 1 carreau ⟵ 1 s.



Exercice n°3 Du signal au profil

Chacun des cas ci-dessous illustre le signal d'une progressive $y(x,t)$ de célérité c à l'instant $t = 0$.
Représentez le profil de l'onde à $t = 0$ avec comme convention 1 carreau ⟵ 1 m.





II Exercices d'approfondissement

Exercice n°4 Train d'onde

Une onde se propage à la célérité c le long de l'axe (Ox) dans le sens des x croissants.
La source, située en $x = 0$, émet un train d'ondes, c'est-à-dire une oscillation de durée limitée τ :

$$s(0,t) = \begin{cases} 0 & \text{si } t < 0 \\ \sin\left(\dfrac{2\pi}{T}t\right) & \text{si } 0 \leq t < \tau \\ 0 & \text{si } t \geq \tau \end{cases}$$

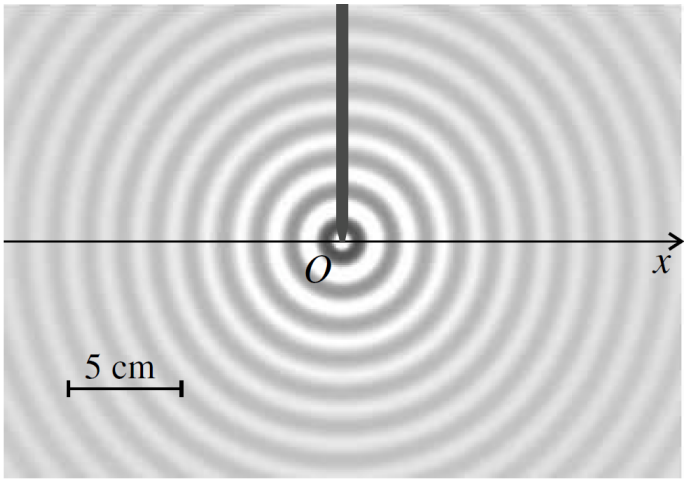
Q1. Représenter $s(0,t)$ en fonction de t (on prendra $\tau = 4T$).

Q2. Construire $s(x,\tau/2)$ et $s(x,3\tau/2)$ en fonction de x pour $x > 0$, sans exprimer la fonction $s(x,t)$.
Quelle est la longueur du train d'onde dans l'espace ?

Q3. Exprimer $s(x,t)$ pour x positif quelconque et vérifier votre construction.

Exercice n°5 Cuve à ondes

On excite la surface de l'eau avec un oscillateur de fréquence $f_{\text{osc}} = 20$ Hz, placé en un point O et filmé vue du dessus :



Le tout est éclairé par une lampe, en dessous de la cuve, capable de s'allumer et s'éteindre périodiquement.

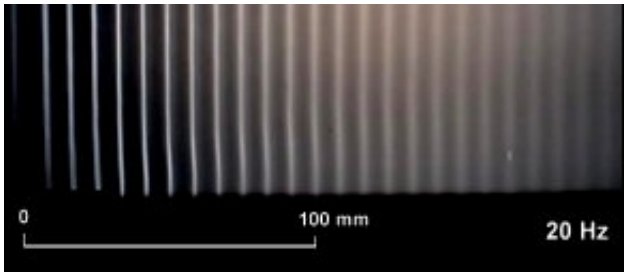
Q1. Pour que le film donne une image statique, que doit valoir la fréquence f de la lampe ?

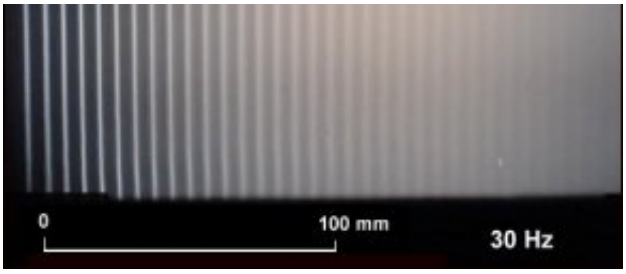
Q2. Déduire de l'image la célérité des ondes

III Résolution de problèmes

Exercice n°6 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.





Exercice n°7 Orage

Lors d'un orage on compte le temps séparant l'observation de l'éclair et l'écoute du tonnerre. On dit que pour déterminer la distance à laquelle la foudre est tombée il suffit de compter le nombre de seconde séparant l'observation de l'éclair et l'écoute du tonnerre et multiplier par 300.
Expliquer

IV Extrait du cahier d'entraînement de physique-chimie

Entraînement 2.13 — Éclair et tonnerre.

La foudre est une décharge électrique qui se produit pendant les orages et qui entraîne une lumière intense (l'éclair) et un grondement sourd (le tonnerre).

La lumière se propage à la vitesse $c = 3{,}00 \times 10^8\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ et le son se propage à la vitesse $c_s = 344\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Vous mesurez à l'aide d'un chronomètre la durée entre le moment où vous voyez l'éclair et le moment où vous entendez le tonnerre : vous trouvez $\Delta t = 5{,}0 \pm 0{,}5\,\mathrm{s}$.

a) On considère que la lumière se propage instantanément entre le lieu de l'éclair et votre position.

Déterminer la distance à laquelle la foudre a frappé .....

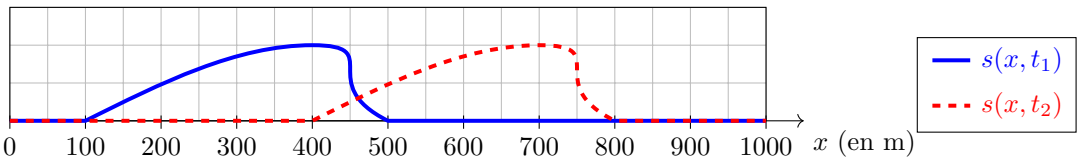
b) En déduire la durée de propagation de la lumière entre l'endroit où la foudre a frappé et votre position.

.....

c) L'hypothèse faite à la première question est-elle justifiée ? .....

Entraînement 2.14 — Vitesse de propagation.

Une vague $s(x,t)$ se propage en direction des côtes. Ci-dessous, on représente l'allure de la surface de l'eau aux instants $t_1 = 0\,\mathrm{min}$ et $t_2 = 1\,\mathrm{min}$.



Déterminer la vitesse de propagation de la vague en km/h. .....

Entraînement 2.15 — Onde progressive sinusoïdale.

Une onde progressive sinusoïdale a pour expression, en $x = 0$

$$s(0,t) = 2\sin(3{,}9\,t + 0{,}3\,\pi),$$

le temps t étant exprimé en secondes.

Elle se propage dans le sens des x croissants à la vitesse $c = 30\,\mathrm{cm\cdot s^{-1}}$.

a) Déterminer la période T du signal. .....

b) Déterminer la longueur d'onde λ du signal. .....

c) Donner l'expression générale de $s(x,t)$. .....