Exercice n°1 • Équation d'une OP *cours*

1) Parmi les signaux suivants, lesquels sont des ondes progressives ? Pour ces derniers, préciser le sens de propagation.

[1] $s_1(x,t) = A \cos(kx - 2\pi f t)$
[2] $s_2(x,t) = A \sin(kx)\ \sin(\omega t)$
[3] $s_3(x,t) = A\, e^{-\lambda t} \cos(\omega t - kx)$
[4] $s_4(x,t) = A\, e^{\omega t - kx} \cos(\omega t - kx)$
[5] $s_5(x,y,t) = A \sin(\omega t - k_x x - k_y y)$
[6] $s_6(x,t) = A_1 \sin(\omega_1 t - k_1 x) + A_2 \sin(\omega_2 t - k_2 x)$
[7] $s_7(x,t) = A \sin(\omega t - kx) + A \sin(2\omega t - 2kx)$

2) On donne le profil spatiale $s(x, t = 0)$ d'une onde progressive en $t = 0$ qui se propage dans le sens des x croissants. Déterminer $s(x,t)$.

$$s(x, t = 0) = A\, e^{-(kx)^2}$$

3) On donne le profil temporel $s(x = 0, t)$ d'une onde progressive en $x = 0$ qui se propage dans le sens des x décroissants. Déterminer $s(x,t)$.

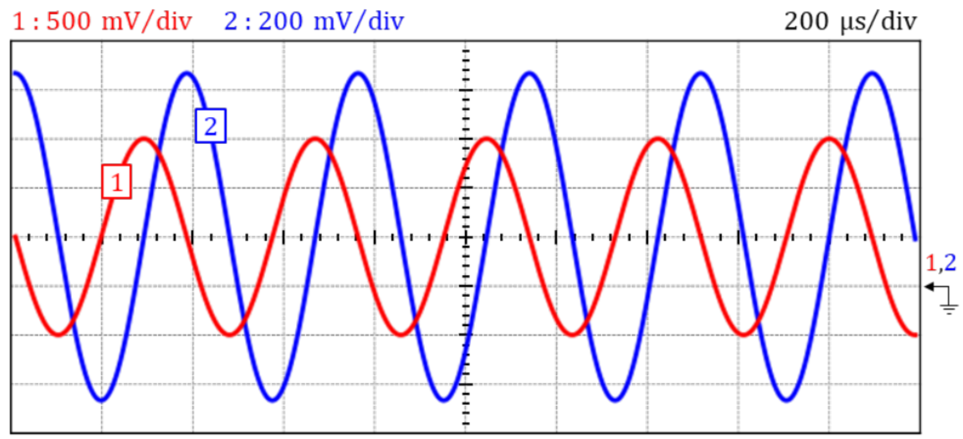
$$s(x = 0, t) = A \cos^2(\omega t)$$

Exercice n°2 • Lecture d'un oscillogramme *cours*

1) À partir de l'oscillogramme représenté ci-dessous, donner pour chaque signal : l'amplitude, la valeur moyenne, la période, la fréquence et la pulsation.

2) Lequel des deux signaux est en avance de phase ?

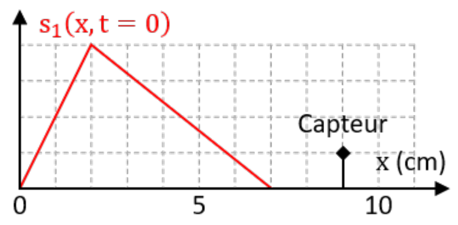
3) Donner le déphasage entre les deux signaux.



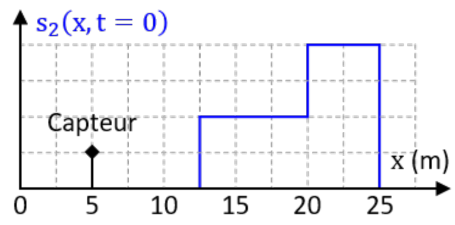
Remarque : le symbole à droite du graphique indique où se trouve le zéro de chaque signal.

Exercice n°3 • Représentations temporelle et spatiale d'une OP ★☆☆

Une onde progressive se propage le long d'une corde à la célérité c. On donne à $t = 0$ l'allure du signal.



Propagation vers les x croissants
$c = 2$ cm·s^{-1}



Propagation vers les x décroissants
$c = 10$ m·s^{-1}

Pour chacun de ces deux signaux :

1) Représenter le signal à l'instant t = 2 s.

2) À quel instant le signal arrive-t-il au niveau du capteur ?

3) Tracer le chronogramme du signal reçu par le capteur.

Exercice n°4 • Ondes acoustiques et électromagnétiques ★☆☆

1) Quel est l'intervalle de longueur d'onde dans le vide des radiations électromagnétiques visibles ? En déduire l'intervalle de fréquence et de pulsation.

2) Quel est l'intervalle de fréquence des sons audibles ? En déduire l'intervalle de pulsation et de longueur d'onde dans l'air et dans l'eau.

3) Les fréquences autorisées pour le wifi sont comprises entre 2,4 GHz et 5 GHz. À quel domaine de la physique appartiennent les ondes wifi ? Déterminer la gamme de longueurs d'onde dans le vide.

Exercice n°5 • Ondes progressives harmoniques ★★☆

1) Déterminer la vitesse de phase du signal $s_1(x,t)$.

$$s_1(x,t) = 5\,\mathrm{sin}\big(2,4\cdot 10^3\pi t - 7,0\pi x\big)$$

2) Une onde sinusoïdale $s_2(x,t)$ se propage dans la direction des x croissants avec une vitesse de phase c. En $x=0$, on donne :

$$s_2(0,t) = s_0\,\mathrm{cos}\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

Déterminer $s_2(x,t)$ et tracer l'allure du signal temporel perçu en $x=\lambda/4$.

3) Le signal $s_2(x,t)$ se réfléchit sur un mur placé en $x=L$. On admet que l'onde résultante (somme de l'onde incidente et de l'onde réfléchie) en $x=L$ est d'amplitude nulle. Donner l'expression de l'onde réfléchie $s_{2r}(x,t)$.

4) Une onde sinusoïdale $s_3(x,t)$ se propage dans la direction des x décroissants avec une vitesse de phase c. En $t=0$, on donne :

$$s_3(x,0) = s_0\,\mathrm{cos}\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

Déterminer $s_3(x,t)$ et tracer l'allure du signal temporel perçu en $t=T/4$.

Exercice n°6 • Retard dû à la propagation ★★☆

On aligne sur un même axe (Ox) un émetteur d'ultrason et deux récepteurs. L'émetteur envoie une OPH de fréquence $f=40$ kHz qui se propage avec une vitesse de phase $c=340$ m·s^{-1}.

Les deux récepteurs sont initialement placés au même endroit.

1) De quelle distance faut-il reculer l'un des récepteurs pour que les signaux reçus soient en phase ? On fera apparaître un entier naturel p.

2) Même question pour que les signaux soient en opposition de phase.

Éléments de correction

❶ 1) [1] Oui, x croissants. [2] Non. [3] Non. [4] Oui, x croissants. [5] Oui, selon $\overrightarrow{k}$. [6] Non. [7] Oui, x croissants. 2) $s(x,t) = A\,e^{-(kx-\omega t)^2}$. 3) $s(x=0,t) = A\,\mathrm{cos}^2(\omega t + kx)$. ❷ cf. cours. ❸ 1) cf. correction. 2) $t_1 = 1$ s et $t_2 = 0,75$ s. 3) cf. correction. ❹ 1) $\lambda \in [400\,;\,750]$ nm, puis $f = c/\lambda$ et $\omega = 2\pi f$. 2) $f \in \left[20\,;\,20\cdot 10^3\right]$ Hz, avec $c_{air} = 340$ m·s^{-1} et $c_{eau} = 1500$ m·s^{-1}. 3) Ondes radio. Entre 6 cm et 12,5 cm. ❺ 1) $c = \dfrac{2,4\cdot 10^3\pi}{7,0\pi} = 340$ m·s^{-1}. 2) $s_2(x,t) = s_0\,\mathrm{cos}\left(\dfrac{2\pi t}{T} - kx\right)$ et $s_2\left(\dfrac{\lambda}{4},t\right) = s_0\,\mathrm{sin}\left(\dfrac{2\pi t}{T}\right)$. 3) $s_{2r}(x,t) = -s_0\,\mathrm{cos}\left(\dfrac{2\pi t}{T} + k\,(x-2L)\right)$. 4) $s_3(x,t) = s_0\,\mathrm{cos}\left(\omega t + \dfrac{2\pi x}{\lambda}\right)$ et $s_3\left(x,\dfrac{T}{4}\right) = -s_0\,\mathrm{sin}\left(\dfrac{2\pi x}{\lambda}\right)$. ❻ 1) $x = p\lambda$. 2) $x = \left(p+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$.