Ondes progressives

Notions et compétences mises en œuvre dans ce TD

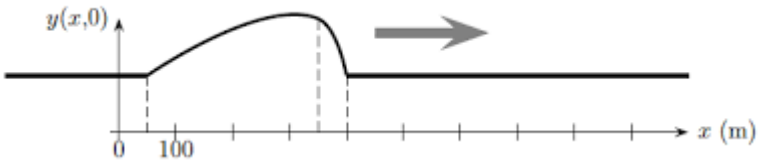
- ☑ **Célérité et retard temporel**
- ☑ **Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée, et l'évolution spatiale à un instant donné**
- ☑ **Etablir la relation entre fréquence, longueur d'onde et célérité**
- ☑ **Ecrire les signaux sous la forme $y(x,t) = f(t \pm x/c)$ ou $y(x,t) = g(x \pm ct)$**
- ☑ **Onde progressive sinusoïdale : phase, double périodicité spatiale et temporelle.**

Exercice n° 1 : Etude d'un mascaret (★)

Un mascaret est une vague dite "solitaire" remontant un fleuve au voisinage de son estuaire, provoquée par une interaction entre son écoulement et la marée montante.

On considère ici qu'il se déplace à la vitesse v = 18 km.h^{-1} le long d'un fleuve rectiligne, et on définit un axe (Ox) dans la direction et le sens de propagation.

A un instant t_0 = 0s le profil de niveau de l'eau a l'allure suivante :

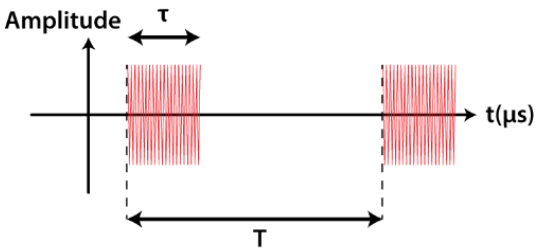


1) Décrire l'onde le plus complètement possible.
2) Faire un schéma du profil du niveau du fleuve à t = 1,0 min, en supposant que l'onde se propage sans déformation.
3) Un détecteur fixe, enregistrant la hauteur de l'eau en fonction du temps, est placé à l'abscisse x_d = 1,6 km.
   a) A quelle date la perturbation arrive-t-elle au niveau du détecteur ?
   b) A quelle date quitte-t-elle le détecteur ?
   c) Dessiner l'allure des variations $y(x_d,t)$.

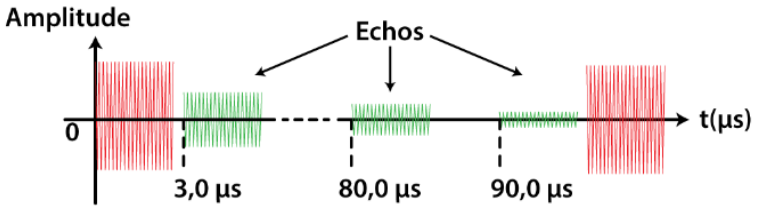
Exercice n° 2 : Principe du radar (★★)

Le radar étudié utilise des ondes radio de fréquence f = 2.90 GHz pour détecter la présence d'objets mobiles, et connaître leur position.
On donne la célérité des ondes électromagnétiques dans le vide : c = 3.00 x 10^8 m.s^{-1}.

Il comporte une antenne qui émet, avec une période T = 100.0 μs, des salves, c'est-à-dire des signaux sinusoïdaux de durée limitée τ = 1.0 μs. Ces impulsions sont envoyées dans toutes les directions de l'espace. Lorsque l'une d'elles rencontre un objet réfléchissant, elle est renvoyée vers l'antenne, qui sert également de récepteur durant le temps où elle n'émet pas de signal.



L'enregistrement ci-dessous montre deux impulsions émises par le radar, et trois échos renvoyés par des objets.



1) Déterminer la distance à laquelle se trouvent les différents objets détectés, en supposant que les ondes se propagent à la même célérité que dans le vide. Comment expliquer la différence d'amplitude entre les impulsions envoyées et les échos ?
2) Justifier qu'il existe une distance minimale d_m et une distance maximale d_M en dehors desquelles on ne peut pas détecter la position d'un objet. Calculer leurs valeurs numériques.

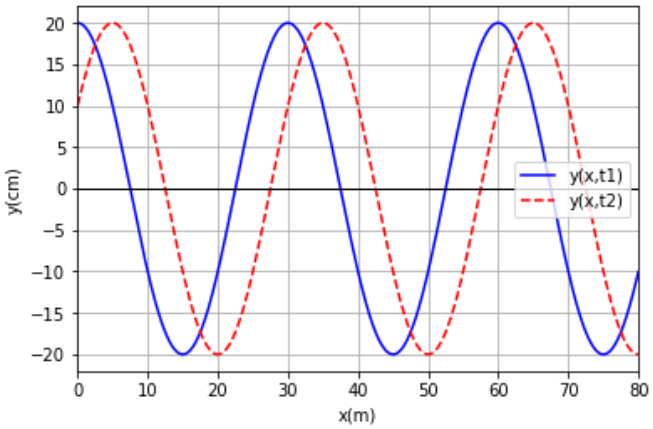
Exercice n° 3 : Propagation le long d'une corde (★★)

Une perturbation se propage le long d'une corde OA tendue. À la date t = 0, l'onde part du point O, origine de l'axe (Ox) de même direction que la corde. Le graphique suivant représente le déplacement $u_M(t)$ d'un point M de la corde, d'abscisse x_M= 8,0 cm.

1) Calculer la célérité de l'onde le long de la corde.
2) On considère un point N d'abscisse 32 cm. Représenter graphiquement $u_N(t)$.
3) Quelle est la durée de la perturbation ?
4) Quelle est la taille de la perturbation ?
5) Schématiser la corde à la date t = 8 ms. Expliquer votre démarche.

Exercice n° 4 : Modélisation de la houle (★★★)

La houle est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer formé par un vent lointain. Nous l'assimilerons ici pour simplifier à une onde harmonique se propageant le long d'un axe Ox.
Nous notons y(x,t) l'ordonnée du point de la surface qui se trouve en x à l'instant t. La fonction y(x,t) est représentée sur la figure à deux instants différents t_1 = 0 s et t_2 = 1 s. Nous admettons que t_2 est inférieur à la période T de l'onde et nous négligeons toute atténuation.



1) Dans quel sens se propage l'onde ?
2) Déterminer sa longueur d'onde λ, sa célérité c et sa période.
3) On remarque que $y(x,t_1) = 20 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$, en déduire une expresion de y(x,t).
4) Deux bouées se trouvent aux abscisses $x_1 = 0$ m et $x_2 = 60$ m à la surface de l'eau. Que peut-on dire quant à leurs mouvements ?

<u>Exercice n° 6</u> : **Distance d'un orage (Résolution de problème)**

Pendant un orage, on peut grossièrement évaluer la distance à laquelle est tombée la foudre : si on divise par trois la durée en secondes entre l'éclair et le tonnerre, on obtient la distance cherchée en kilomètres. Expliquer pourquoi cette méthode fonctionne. La réponse doit être justifiée et toutes les hypothèses explicitées