

**ONDES - TRAVAUX DIRIGES N° 1****Introduction aux ondes****Exercice n° 1 : Date d'un séisme**

Un séisme produit deux types d'ondes sismiques: les ondes P, longitudinales, qui se propagent à la célérité  $c_p$  et les ondes S, transversales, qui se propagent à la célérité  $c_s < c_p$ . On négligera tout phénomène de réflexion et de réfraction, les ondes se propagent en ligne droite.

- 1) Une station de mesure reçoit l'onde P à une date  $t_p$  et l'onde S à une date  $t_s$ . Montrer que ces dates permettent de connaître la distance de l'épicentre ainsi que la date  $t_0$  du séisme.
- 2) Trois stations de mesure, situées en trois points différents de la surface de la Terre, mesurent ainsi trois distances  $D_1, D_2, D_3$  différentes. Montrer sans calculs qu'il est alors possible de localiser l'origine du séisme.

**Exercice n° 2 : Distance d'un orage (résolution de problème)**

La vitesse du son dans l'air est  $v_s = 343 \text{ m/s}$ , celle de la lumière est  $v_l = 3.10^8 \text{ m/s}$ .

Justifier la technique qui consiste à compter les secondes entre éclair et tonnerre et à les diviser par 3 pour obtenir la distance à laquelle la foudre est tombée.

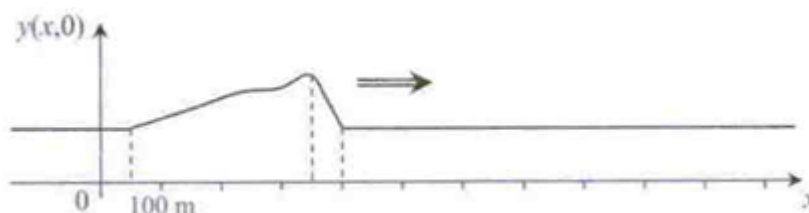
**Exercice n° 3 : Etude d'un mascaret**

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  $c = 18 \text{ km.h}^{-1}$  le long d'un fleuve rectiligne, et on définit un axe (Ox) dans la direction et le sens de propagation.



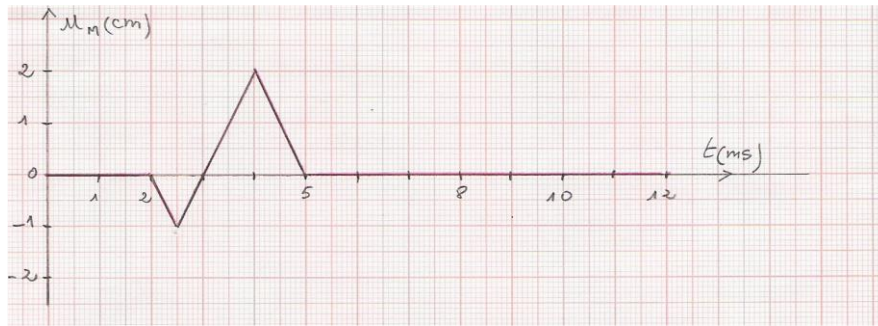
A un instant  $t_0 = 0 \text{ s}$  le profil de niveau de l'eau a l'allure suivante :



- 1) De quel type d'onde s'agit-il ? La décrire la plus complètement possible.
- 2) Déterminer la durée de la perturbation.
- 3) Faire un schéma du profil du niveau du fleuve à  $t = 1,0 \text{ mn}$ , en supposant que l'onde se propage sans déformation.
- 4) Un surfeur attend avec sa planche à l'abscisse  $x_S = 2,2 \text{ km}$ . A quel instant va-t-il recevoir la vague?
- 5) Un détecteur fixe, enregistrant la hauteur de l'eau en fonction du temps, est placé à l'abscisse  $x_d = 1,6 \text{ km}$ . Dessiner l'allure des variations  $y(x_d, t)$ . On précisera les abscisses correspondant au début et la fin du passage de la déformation.

**Exercice n° 4 : 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, d'abscisse  $x_M = 8,0 \text{ cm}$ .



- 1) À quelle date  $t_1$ , la perturbation arrive-t-elle en M ?
- 2) Calculer la célérité de l'onde le long de la corde.
- 3) Pour modifier de façon notable cette célérité, pourrait-on : tendre la corde plus fortement ? choisir une corde de masse plus grande (pour une même longueur) ? produire une perturbation d'amplitude différente ?
- 4) Pendant quelle durée  $\Delta t$  le point M est-il affecté par le passage de l'onde ?
- 5) Quelle est la longueur de la perturbation ?
- 6) On considère un point N d'abscisse 32 cm.
  - a) À quelle date  $t'$  la perturbation arrive-t-elle en N ?
  - b) Calculer le retard en N par rapport au point M.
  - c) Représenter graphiquement  $u_N(t)$ .
- 7) Schématiser la corde à la date  $t'' = 8$  ms. Justifier. Placer le point M sur la corde.

### Exercice n° 5 : Description mathématique d'une onde progressive sinusoïdale

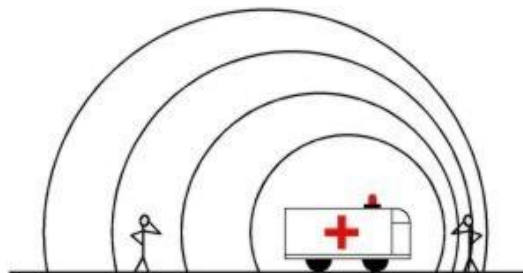
Soit l'onde représentée par  $s(x, t) = A \cos(\omega t - kx)$  où  $\omega$ ,  $k$  et  $A$  sont des constantes.

- 1) Rappeler les relations liant  $\omega$ , la période  $T$  et la longueur d'onde  $\lambda$ .
- 2)  $k$  est appelé vecteur d'onde. L'exprimer en fonction de  $\lambda$ .
- 3) Tracer l'allure de l'onde à  $t = 0$ .
- 4) Tracer l'allure de l'onde aux instants  $t = T$ ,  $t = T/4$  et  $t = T/2$ . On pourra calculer la distance (exprimée par rapport à la longueur d'onde) sur laquelle l'onde s'est propagée pendant une certaine durée.
- 5) On suppose maintenant que  $s(x,t) = 10 \cos(5\pi t - 3x + 0.5\pi)$ . Donner toutes les caractéristiques de l'onde.

### Exercice n° 6 : L'effet Doppler

Un véhicule de pompier émet une onde sonore (sirène) que l'on modélisera par une série de bips émis à la période  $T$  et se propageant à la vitesse  $c_s$ . Le camion est initialement à une distance  $L$  de l'observateur.

- 1) A la date  $t = 0$ s, le véhicule s'éloigne de l'observateur avec la vitesse constante  $v_0$ . Trouver les dates de réception des différents bips par l'observateur.
- 2) Montrer que le récepteur reçoit les bips tous les  $T'$ . Exprimer  $T'$  en fonction de  $T$ ,  $v_0$  et  $c$ . Ce résultat constitue l'effet Doppler.
- 3) Quelle différence observerez-vous si le camion se rapproche de l'observateur ?



Dans le domaine médical, l'effet Doppler peut être utilisé pour mesurer la vitesse de circulation du sang. Il est aussi utilisé pour mesurer la vitesse des véhicules par les radars routiers. En astrophysique il est mis à profit pour mesurer la vitesse d'éloignement ou d'approche des étoiles.