

ONDES-TRAVAUX DIRIGES 1

Ondes progressives



Compétences et capacités scientifiques mises en œuvre dans ce TD

- ✓ **OND1-1** Savoir identifier ou décrire la nature d'une onde
- ✓ **OND1-2** Faire le lien entre célérité et retard
- ✓ **OND1-3** Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée
- ✓ **OND1-4** Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure la forme à différents instants
- ✓ **OND1-5** Etablir la relation entre fréquence, longueur d'onde et célérité
- ✓ **OND1-6** Faire le lien entre le retard et le déphasage dûs à la propagation d'un phénomène ondulatoire

Exercice n° 1 : Localisation d'un séisme (★)

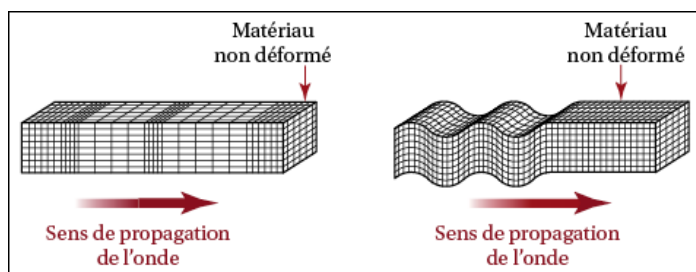
OND1-1 / OND1-2

Lors d'un séisme, la terre est mise en mouvement par des ondes de différentes natures, qui occasionnent des secousses plus ou moins violentes et destructrices en surface. On distingue :

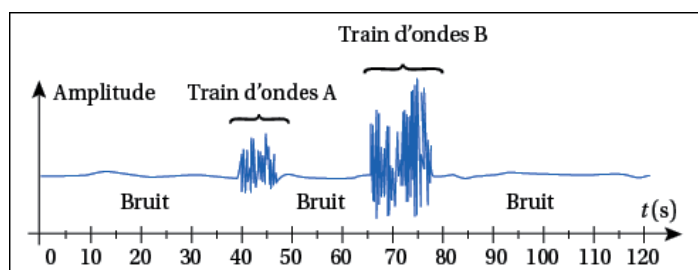
- Les ondes P, les plus rapides, se propageant dans les solides et les liquides à une célérité moyenne de $10 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$;
- Les ondes S, moins rapides, ne se propageant que dans les solides.

L'enregistrement de ces ondes par des sismographes à la surface de la Terre permet de déterminer l'épicentre du séisme.

- 1) Les ondes P, appelées aussi ondes de compression, sont des ondes longitudinales. Les ondes S, appelées aussi ondes de cisaillement, sont des ondes transversales. Les schémas ci-dessous modélisent la progression des ondes sismiques dans une couche terrestre. Indiquer en justifiant le schéma correspondant à chaque type d'onde.



- 2) Un séisme s'est produit à San Francisco en 1989. Le document ci-dessous présente le sismogramme obtenu, lors de ce séisme à la station Eureka, station sismique située au nord de la Californie.



L'origine des temps a été choisie à la date du début du séisme à San Francisco. Le sismogramme présente deux trains d'ondes repérés par A et B. On négligera tout phénomène de réflexion et de réfraction et on suppose que les ondes se propagent en ligne droite.

- À quel type d'onde (S ou P) correspond chaque train ? Justifier la réponse à l'aide du texte d'introduction.
 - Sachant que le début du séisme a été détecté à Eureka à 8 h 15 min 20 s TU (Temps Universel), calculer la distance séparant l'épicentre du séisme de la station Eureka.
 - Calculer la célérité moyenne des ondes S.
- 3) Trois stations de mesure, situées en trois points différents de la surface de la Terre, mesurent 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 : Etude d'un mascaret (★★)

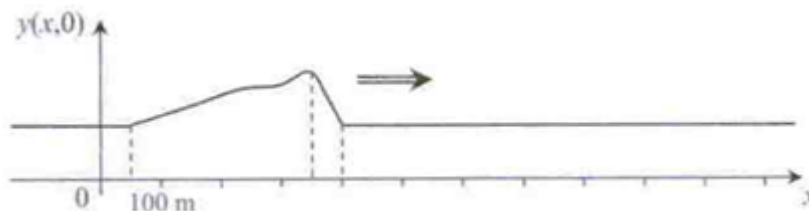
OND1-1 / OND1-2 / OND1-3

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 $v = 18 \text{ km.h}^{-1}$ 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 :

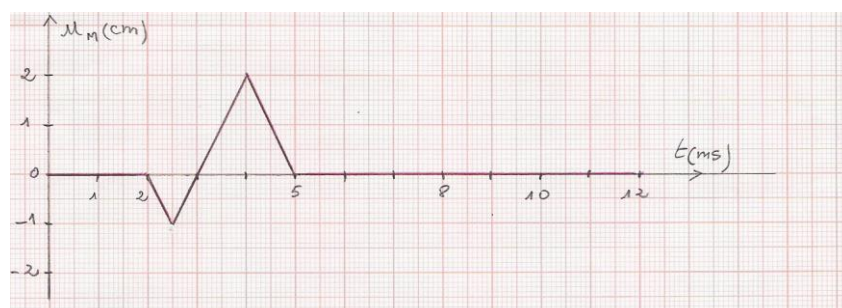


- Décrire l'onde le plus complètement possible.
- Faire un schéma du profil du niveau du fleuve à $t = 1,0 \text{ mn}$, en supposant que l'onde se propage sans déformation.
- Un surfeur attend avec sa planche à l'abscisse $x_S = 2,2 \text{ km}$. A quel instant va-t-il recevoir la vague ?
- Un détecteur 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 à la fin du passage de la déformation.
- Quelle est la durée de la perturbation ? Quelle relation lie taille et durée de la perturbation ?

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

OND1-2 / OND1-3 / OND1-4

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_M , 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 Δt 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) Calculer le retard en N par rapport au point M.
 - b) 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° 4 : Onde progressive sinusoïdale (★)

OND1-5 / OND1-6

On produit des ondes progressives circulaires à la surface de l'eau en utilisant une cuve à ondes. La célérité c de l'onde est mesurée et vaut 40 cm/s. Le point source S de la surface du liquide dans la cuve à ondes est animé d'un mouvement vertical sinusoïdal de fréquence $f = 20$ Hz et l'amplitude a est supposée constante (on néglige l'amortissement dû aux forces de frottement).

- 1) Calculer la longueur d'onde λ de l'onde progressive.
- 2) On considère un point M de la surface de l'eau situé à $d=12$ cm du point S. Le point M vibre-t-il en phase ou en opposition de phase avec le point source S ? Justifier.

Exercice n° 5 : L'effet Doppler (★★★)

OND1-2

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.

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 ?

Lien : http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/doppler.php

Résolution de problème

Vol d'une chauve-souris

L'écholocation consiste à émettre des sons et à écouter leur écho pour localiser les éléments d'un environnement. Elle est utilisée par certains animaux, notamment des chauves-souris et des cétacés, et artificiellement avec le sonar.

Une chauve-souris vole en ligne droite vers un obstacle à la vitesse moyenne $v = 8$ m/s. Elle émet un bref signal ultrasonore quand elle se trouve à environ une distance $d = 10$ m de cet obstacle.



La chauve-souris a-t-elle le temps de détecter l'obstacle ?