

Ondes et signaux – Chapitre 1 : Propagation d'un signal : ondes mécaniques progressives



Exercices d'application

1

Types d'ondes (X)

Pour chaque phénomène ci-après, indiquer le type d'onde associée (transversale ou longitudinale) et si c'est une onde qui se propage en 1D, 2D ou 3D.

- les vagues au bord d'une plage
- le cri de la chauve-souris qui se dirige dans sa grotte
- un tsunami se dirigeant vers la côte
- des ronds dans l'eau après avoir lancé un caillou
- les ondes sismiques de type P
- les ondes sismiques de type S
- un ressort que l'on a comprimé d'un côté avant de relâcher la compression
- une corde que l'on agite
- la vibration de la corde de violon que l'on a frotté avec son archet
- la note émise de ce même violon qui parvient à vos oreilles

2

Le mascaret X

Le mascaret est une vague qui remonte l'estuaire de certains fleuves lorsque la marée monte. Sa hauteur dépend du fleuve, du coefficient de marée et dans certain cas, cette vague peut être particulièrement destructrice. Nous admettrons que sa célérité c est égale à $25,0 \text{ km.h}^{-1}$. On a représenté ci-dessous l'aspect de la surface de l'eau vue en coupe le long du fleuve, pris à un instant origine $t_0 = 0$, avec h , la hauteur d'eau par rapport au fond du fleuve. L'axe des abscisses est orienté vers la source du fleuve.

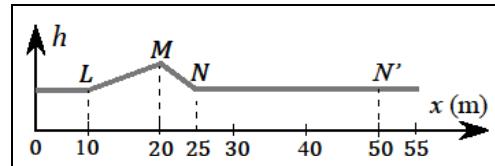


Figure 1 : Profil de la perturbation

1. Le mascaret est-il une onde longitudinale ou transversale ?
2. Représenter l'évolution de la hauteur h au point N en fonction du temps.
3. À quel instant t_1 , l'onde du mascaret atteint-elle le point N' ? Représenter l'aspect de la surface de l'eau pour ce temps t_1 .

3

Signaux périodiques

Ci-contre, sont représentées l'évolution de la température de l'air ainsi que celle à cœur d'un produit, à l'intérieur d'un réfrigérateur.

1. Proposer une méthode précise pour mesurer la période de ces signaux périodiques graphiquement. Conclure.
2. Calculer la fréquence de chaque signal.
3. Calculer le déphasage entre les deux signaux.
4. Ces signaux sont-ils alternatifs ?

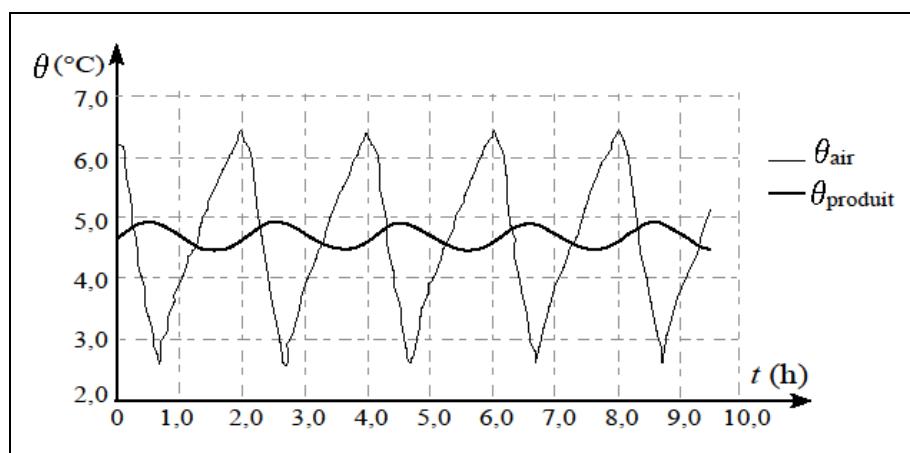


Figure 2 : Evolutions des températures



Exercices d'entraînement

4

Célérité d'un tsunami

Un tsunami est une onde mécanique qui se propage dans les eaux peu profondes par rapport à sa longueur d'onde (qui est de l'ordre de 100 km).

- Grâce à une analyse dimensionnelle déterminer l'expression de la célérité d'un tsunami, sachant que les paramètres d'influence sont la profondeur du fond marin h , la masse volumique de l'eau ρ et l'accélération de la pesanteur g .
- Justifier le fait qu'un tsunami ralentisse à l'approche des côtes.
- Proposer un ordre de grandeur de cette célérité proche des côtes.

5

Sonar de bateau

Un sondeur, dans un bateau, sert à mesurer la profondeur d'eau sous le bateau. Il fonctionne en émettant des signaux ultrasonores qui sont renvoyés par le sol sous-marin et reviennent vers le bateau sous forme d'un écho. Comme on connaît la vitesse du signal émis par le sondeur, cela permet d'évaluer la distance. Le signal émis par le sondeur se déplace à la vitesse c de 1430 m.s^{-1} dans l'eau.

Le sondeur détecte un écho arrivant 3,6 secondes après l'émission. Quelle est la profondeur p_1 du fond marin sous le bateau ?

6

Analyse des ultrasons émis par une chauve-souris

Le grand rhinolophe est une espèce de chauve-souris ; un microphone relié à un oscilloscope a permis l'analyse des ultrasons émis par cet animal supposé fixe par rapport au microphone. L'oscillogramme est représenté ci-dessous avec une sensibilité verticale de 50 mV.div^{-1} et une sensibilité horizontale de $3,0 \mu\text{s.div}^{-1}$.

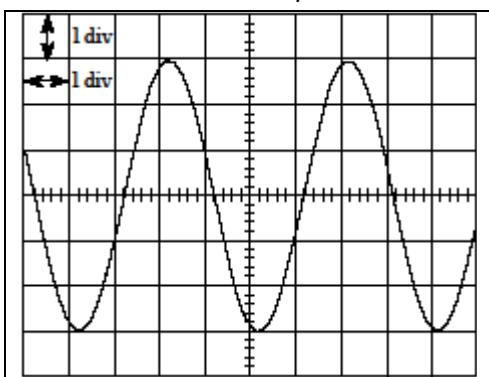


Figure 3 : Oscillogramme

- Quelle est la nature du signal électrique ?
- Déterminer la période T , la fréquence f , la pulsation ω , et l'amplitude U_{amp} de ce signal.
- Justifier que ce son n'est pas audible par l'oreille humaine.
- On recule le microphone, selon une des directions de propagation de l'onde sonore étudiée, d'une distance égale à $D = 5,0 \text{ mm}$. Le signal observé à l'oscilloscope se déplace vers la droite de 5,0 divisions. Déterminer la célérité du son dans l'air.
- De quelle distance minimale faut-il reculer le microphone, pour que le signal observé à l'écran de l'oscilloscope soit en opposition de phase par rapport au signal observé initialement ?

7

Ondes à la surface de l'eau

On a photographié (voir ci-dessous) une onde progressive unidimensionnelle et sinusoïdale de fréquence égale à $f = 23,0 \text{ Hz}$ et se propageant à la surface d'une étendue d'eau .

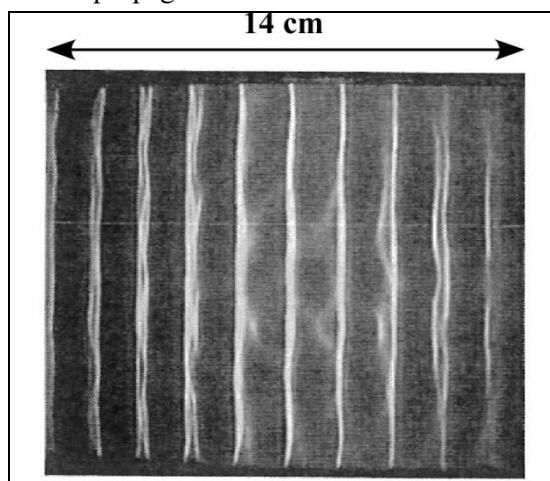


Figure 4 : photographie de l'onde

- Déterminer la longueur d'onde λ_{exp} de l'onde ainsi que la valeur expérimentale c_{exp} de la célérité de cette onde.
- Représenter la surface de l'eau, où se propage l'onde, vue en coupe, à un instant t et à un instant $t + T/2$, en y indiquant la longueur d'onde λ .
- L'expression théorique de la célérité c dans le modèle des ondes dites capillaires est donnée par la relation : $c = \frac{\alpha_c}{\sqrt{\lambda}}$ avec $\alpha_c = 10,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{3/2} \cdot \text{s}^{-1}$. Le modèle des ondes capillaires peut-il s'appliquer pour le cas étudié ? On s'attachera à répondre à la question en analysant l'incertitude expérimentale associée à la mesure de λ_{exp} (après avoir traité les TP 2 et 4).

8

Ex. type DS : Localisation de l'épicentre d'un séisme

L'épicentre est le point à la surface de la Terre situé à la verticale du foyer d'un séisme. Pour estimer la distance séparant l'épicentre d'une station d'enregistrement sismologique, on suppose que les ondes sismiques se propagent en ligne droite depuis l'épicentre jusqu'à la station d'enregistrement. Un séisme a été enregistré dans trois observatoires sismologiques d'Ariège et des Pyrénées Orientales : Carnacières (CARF), Valcebollère (VALF), Fillols (FILF).

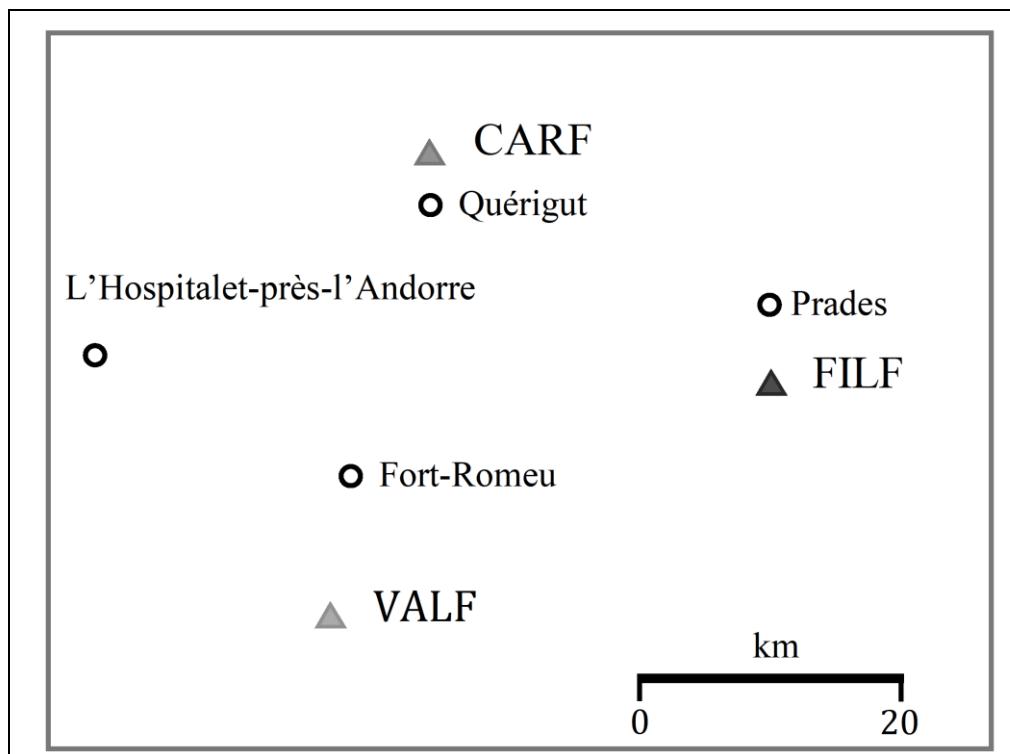


Figure 4 : Carte simplifiée de la région

Les sismogrammes enregistrés dans les trois observatoires sont ci-dessous. Les temps d'arrivées des ondes P, dites de compression, et des ondes S, dites de cisaillement, y sont indiqués.

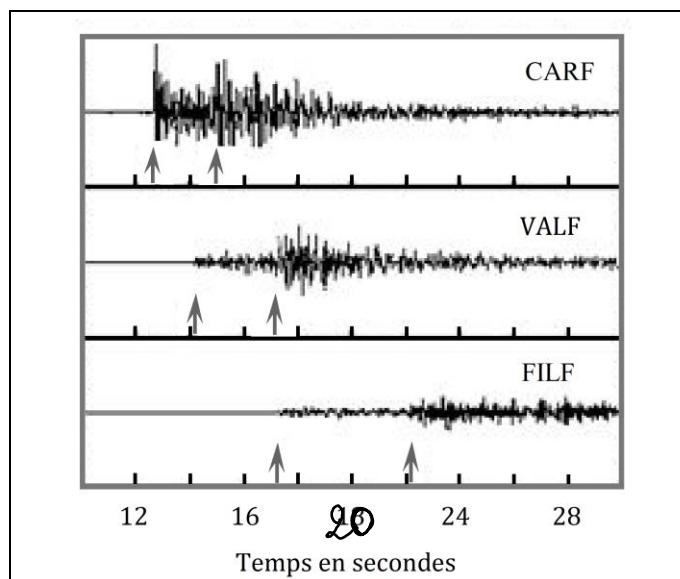


Figure : Sismographes

Pour déterminer quelle onde arrive la première à une station, on précise pour chacune, l'expression de la célérité. Ces célérités, c_P et c_S , dépendent de la nature du milieu de propagation.

$$\text{Onde P : } c_P = \sqrt{\frac{\chi + 4/3\mu}{\rho}}$$

$$\text{Onde S : } c_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Avec les trois grandeurs positives suivantes:

- χ : module d'incompressibilité, d'autant plus grand que le milieu est peu compressible,
- μ : module de cisaillement, d'autant plus grand que le milieu est peu déformable,
- ρ : masse volumique.

1. Justifier à l'aide des expressions de la célérité que les ondes P se propagent plus rapidement que les ondes S.
2. Justifier que les ondes S ne peuvent pas se propager dans les fluides.

Dans le cas précis étudié, $c_P = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$ et le rapport de la célérité des ondes P par la célérité des ondes S, est de 1,75.

3. Localiser l'épicentre du séisme.