NOM : ………………………………………………….. PRENOM : ……………………………….…. CLASSE : ………

PREMIERE SPECIALITE Physique et chimie	CHAPITRE O1 ONDES MECANIQUES FICHE EXERCICES

CORRECTION

EXERCICES D'AUTOMATISATION EN AUTONOMIE

Ex 1 – Exemples d'ondes

Parmi les exemples suivants, **identifier** l'intrus et justifier : les ultrasons - les vagues - la lumière - les spires d'un ressort tendu puis relâché. **Justifier**.

L'intruse est la lumière : en effet, c'est la seule qui ne représente pas une onde mécanique. Elle est la seule à ne pas nécessiter de milieu de propagation.

Ex 2 – Distance

Exprimer puis **calculer** la distance parcourue en 34 min par une onde si sa célérité est $v = 2{,}7\ m \cdot s^{-1}$

À partir de la formule de la célérité : $v = \dfrac{d}{\Delta t}$ alors $d = v \times \Delta t$ avec
d = 34 min = 34 × 60 = 2 040 s, donc $d = 2,7 \times 2\ 040 = 5,5 \times 10^3$ m.

Ex 3– Retard

Une onde se déplace à la célérité $v = 4{,}5\ m \cdot s^{-1}$ dans un milieu.

Exprimer puis **calculer** avec quel retard elle arrivera à 240 cm de sa source.

Le retard τ est défini comme la durée mise par l'onde pour parcourir la distance donnée.

$$\tau = \frac{d}{v} = \frac{2,40}{4,5} = 5,3 \times 10^{-1}\ \text{s}$$

Ex 4 – Période et fréquence

Une onde sinusoïdale a pour longueur d'onde $\lambda = 3{,}0\ mm$.

Sa célérité est $v = 2{,}5 \times 10^{-6}\ m \cdot s^{-1}$.

Exprimer puis **calculer** sa période puis sa fréquence.

◆ La période $T = \dfrac{\lambda}{v} = \dfrac{3,0 \times 10^{-3}}{2,5 \times 10^{-6}} = 1,2 \times 10^3\ \text{s}$

◆ La fréquence $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{1,2 \times 10^3} = 8,3 \times 10^{-4}\ \text{Hz}$

Ex 5 – Longueur d'onde

Une onde sonore sinusoïdale a pour fréquence $f = 980\ Hz$. Sa célérité est $v = 340\ m \cdot s^{-1}$.

Exprimer puis **calculer** sa longueur d'onde.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{980} = 0,347\ \text{m}$$

Ex 6 – Calcul de retard

Au Far West, un train démarre d'une gare située à $d = 6{,}5\ km$ de l'endroit où un indien pose son oreille sur le rail en acier.

1. **Exprimer** puis **calculer** le retard de l'onde sonore dans le rail, entre son émission et sa réception par l'oreille.
2. **Exprimer** puis **calculer** le retard de l'onde sonore dans l'air pour la même distance parcourue
3.

Données : Célérité du son dans l'acier du rail : $v_{acier} = 5600\ m \cdot s^{-1}$

1. Le retard correspond à la durée écoulée entre l'émission du son (à la gare, lorsque le train démarre) et la réception de celui-ci par l'oreille située à *d* = 6,5 km plus loin.

$$\tau_{\text{rail}} = \frac{d}{v_{\text{acier}}} = \frac{6,5 \times 10^3}{5\ 600} = 1,2\ \text{s}$$

2. De la même façon, $$\tau_{\text{air}} = \frac{d}{v_{\text{air}}} = \frac{6,5 \times 10^3}{340} = 19\ \text{s}$$

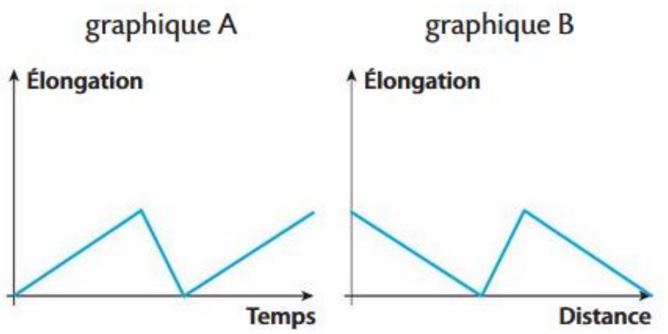
Remarque : le son ne sera sans doute pas entendu dans l'air du fait de l'atténuation liée à la dispersion de l'énergie

Ex 7 – Distinguer des représentations

Associer à chaque graphique sa représentation et justifier le choix :

1. Représentation spatiale

2. Représentation temporelle



Le graphique A représente l'élongation en fonction du temps c'est donc une représentation temporelle.
Le graphique B représente l'élongation en fonction de la distance, il s'agit donc d'une représentation spatiale

Ex 8 – Reconnaitre un type de description

Indiquer si chacune des situations suivantes est une description spatiale ou temporelle. **Justifier.**

a) Niveau de la mer qui monte et descend dans un port au rythme de la marée
b) Photographie de la mer sur laquelle on observe des vagues
c) Relevé des vibrations du sol obtenu par une station sismique

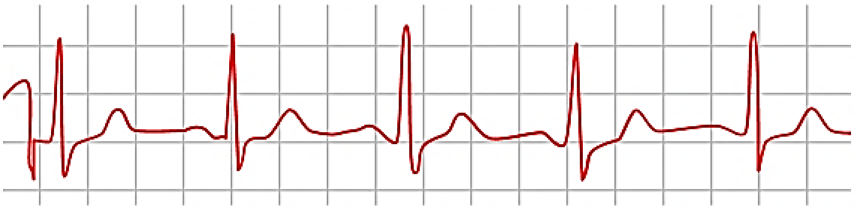
a. et c. Représentation temporelle
b. représentation spatiale.

Justification :

a. Le niveau de l'eau change au cours du temps, au rythme des marées. Il s'agit d'une représentation temporelle.
b. La photographie représente le niveau de la mer à un instant donné, sur cette photographie on peut observer le niveau de la mer en divers points, il s'agit d'une représentation spatiale.
c. La station sismique est située à une position géographique précise et elle enregistre les vibrations du sol au cours du temps, elle fournit une représentation temporelle

Ex 9 – Electrocardiogramme

L'enregistrement sur papier d'un électrocardiogramme (ECG) donne la courbe ci-après :



1. À quel phénomène physiologique sont associés ces signaux ?
2. Ces signaux qui se propagent dans le corps sont-ils sonores, sismiques ou électriques ?
3. Pourquoi peut-on considérer qu'ils sont périodiques ?
4. **Déterminer** la période sachant qu'un grand carreau correspond à 250 ms horizontalement.
5. En **déduire** la fréquence cardiaque en hertz (Hz) puis en battements par minute (bpm).

1. Ces signaux sont associés aux battements du cœur.

2. Ce sont au départ des signaux électriques : des messages nerveux permettent la contraction du muscle cardiaque.

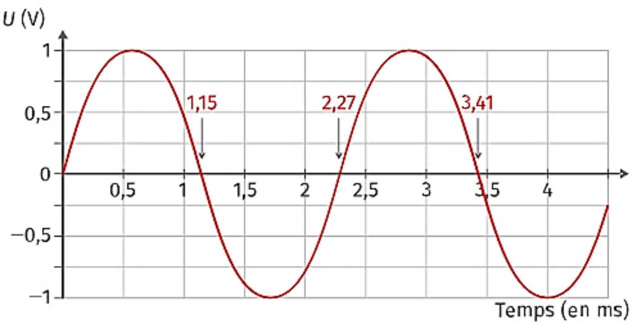
3. On peut considérer qu'ils sont périodiques parce que la forme des signaux est répétitive dans le temps (bien que l'on constate une légère différence : on devrait d'ailleurs plutôt les qualifier de « pseudo-périodiques »).

4. On compte 14,5 carreaux pour 4 périodes ; on obtient donc : $T = \frac{14,5 \times 250 \times 10^{-3}}{4} = 0,91 \text{ s}$

5. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,91} = 1,1 \text{ Hz}$

La fréquence étant le nombre de périodes par seconde, la valeur en bpm (battements par minute) est obtenue en multipliant la fréquence par soixante : $f = 60 \times 1,1 = 66 \text{ bpm}$.

Ex 10 – Le diapason



Un diapason permet de générer un son quasiment sinusoïdal.
L'enregistrement à l'aide d'un micro donne la courbe suivante.

1. **Déterminer** la période puis la fréquence du son émis par le diapason.
2. À quelle note correspond sa hauteur ?
3. **Exprimer** puis **calculer** sa longueur d'onde dans l'air

Données : Célérité du son dans l'air : $v_{air} = 340 \; m \cdot s^{-1}$

Note	Do3	Ré3	Mi3	Fa3	Sol3	La3	Si3
f(Hz)	262	294	330	349	392	440	494

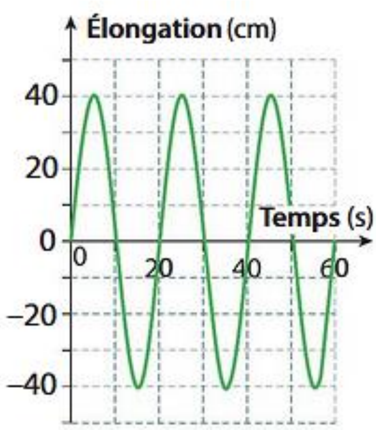
1. $T = 2,27 \text{ ms} = 2,27 \times 10^{-3} \text{ s}$. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,27 \times 10^{-3}} = 440 \text{ Hz}$.

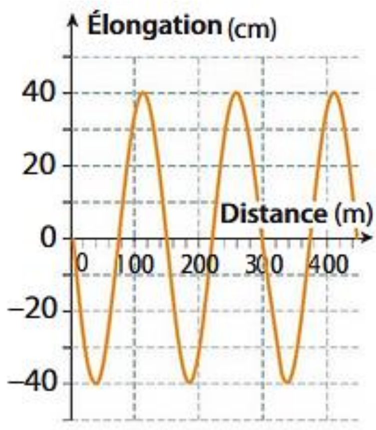
2. D'après le tableau, cette note est un La3.

3. $\lambda = v_{\text{air}} \times T = 340 \times 2,27 \times 10^{-3} = 0,772 \text{ m} = 77,2 \text{ cm}$.

Ex 11 – Exploiter la double périodicité

Les deux graphiques ci-dessous correspondent à la même onde périodique :





1. **<u>Déterminer</u>** la période, la longueur d'onde et l'amplitude de cette onde
2. En d**<u>éduire</u>** la célérité de cette onde

1. Le graphique de gauche représente l'élongation en fonction du temps.
   C'est une représentation temporelle.
   Sur ce graphique, on lit 3 T = 60 s.
   On en déduit la période T = 20 s.

   Le graphique de droite représente l'élongation en fonction de la distance, c'est une représentation spatiale.
   Sur ce graphique, on lit 2λ = 300 m.
   On en déduit la longueur d'onde λ = 150 m.
   Sur les deux graphiques on observe que l'amplitude A = 40 cm.

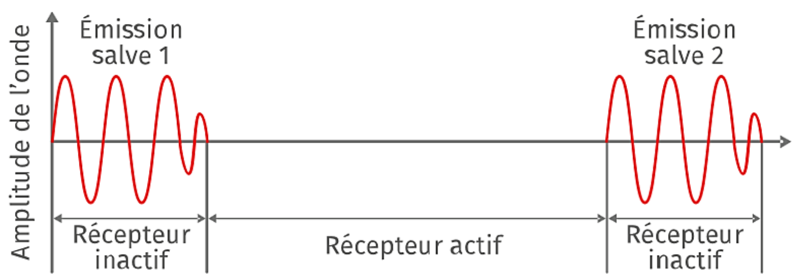
2. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{150}{20} = 7{,}5\ m \cdot s^{-1}$

EXERCICES D'ANALYSE

Ex 12 – Le radar de recul

En marche arrière, le radar de recul d'une voiture se met en marche automatiquement.
Le capteur est situé sous le pare-chocs arrière du véhicule.
Il a une portée minimale $d_{min} = 0{,}30\ m$ *d'après le constructeur : un obstacle situé à une distance du capteur inférieure à dmin ne peut pas être détecté.*
Il est constitué d'un matériau piézo-électrique utilisé à la fois en émetteur ou en récepteur.
Il ne peut fonctionner en récepteur que lorsqu'il a fini de fonctionner en émetteur.
C'est la raison pour laquelle l'appareil génère des salves ultrasonores de durée $\Delta t_1 = 1{,}7\ ms$ *avec une périodicité* $T = 12\ ms$*.*
L'onde ultrasonore émise est réfléchie par l'obstacle éventuel, provoquant un écho.

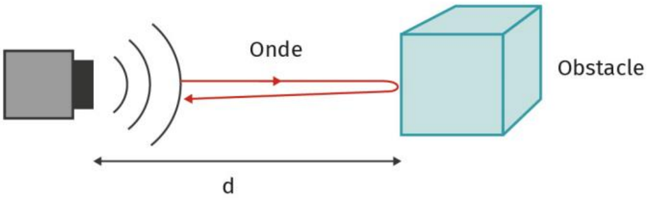
D'après sujet BAC 2015



1. **Faire** un schéma montrant le capteur, un obstacle et le trajet de l'onde ultrasonore.
2. **Donner** la relation entre la distance à l'obstacle d, la célérité des ultrasons v_{son} et la durée entre l'émission et la réception du signal Δt.
3. **Vérifier** par un calcul que pour $d = d_{min}$, $\Delta t = \Delta t_1$
4. **Expliquer** pourquoi en dessous de d_{min}, la position de l'obstacle ne peut-elle pas être détectée correctement ?
5. Que faudrait-il modifier pour que cette distance minimale soit plus petite ?

Données : Célérité du son dans l'air à 20°C : $v_{air} = 340\ m \cdot s^{-1}$

1. Schéma de la situation :



2. La relation entre la distance à l'obstacle *d*, la célérité des ultrasons v_{air} et la durée entre l'émission et la réception Δt : $v_{\text{air}} = \frac{2d}{\Delta t}$.

3.: $\Delta t = \frac{2d_{\text{min}}}{v_{\text{air}}} = \frac{2 \times 0,30}{340} = 1,8 \times 10^{-3}\ \text{s}$. On est bien, aux chiffres significatifs près, à la valeur de Δt_1.

4. En dessous de d_{min}, la valeur de Δt (durée pour l'aller-retour) sera inférieure à la durée de la salve. C'est-à-dire que la salve sera encore en cours d'émission quand son début sera déjà de retour. Comme l'émetteur ne peut être en même temps récepteur, le signal ne sera alors pas exploité.

5. Il faudrait diminuer la durée des salves (les « raccourcir »).

Ex 13 – Le sonar

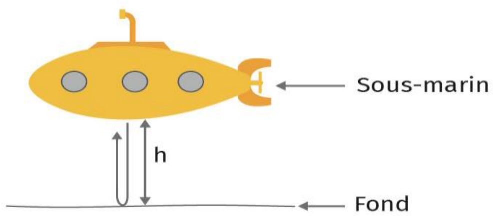
Le sonar d'un sous-marin émet des ultrasons pour estimer, entre autres, la profondeur du fond marin. Il est aussi équipé d'un récepteur.

1. L'émetteur envoie des ultrasons vers le bas.
   Que se passe-t-il pour l'onde ultrasonore quand elle rencontre le fond ?
2. **Schématiser** le trajet de l'onde dans ce cas. On notera h la distance entre le sonar et le fond.
3. Il s'écoule la durée $\Delta t = 0{,}83\ s$ avant que le récepteur reçoive l'écho après l'émission. En déduire h.

Données : Célérité des ultrasons dans l'eau de mer : $v_{eau} = 1500\ m \cdot s^{-1}$

1. Quand elle rencontre le fond, l'onde ultrasonore est réfléchie : elle revient vers l'émetteur en faisant le parcours inverse.

2. Schéma du trajet de l'onde lorsque l'émetteur envoie des ultrasons vers le bas :



3. L'onde fait un aller-retour, soit 2 *h*, durant Δt.

$v_{eau} = \frac{2h}{\Delta t}$ d'où $h = \frac{v_{\text{eau}} \times \Delta t}{2} = \frac{1\ 500 \times 0,83}{2} = 6,2 \times 10^2\ \text{m}$

$$= \frac{v_{\text{eau}} \times \Delta t}{2} = \frac{1\ 500 \times 0,83}{2} = 6,2 \times 10^2\ \text{m}$$

Ex 14 – Une gouttière percée

Un jour de pluie, une flaque s'est formée au pied de l'immeuble. La gouttière qui se trouve au-dessus est percée. Des gouttes tombent régulièrement de la gouttière, à raison de 72 gouttes par minute. À chaque fois une petite vague circulaire est créée. Son diamètre grandit. Entre deux vagues successives on mesure une distance d= 20 cm.

1. Une onde **mécanique** **progressive** **périodique** est créée. Justifier chaque terme en caractères gras
2. **Calculer** la fréquence de l'onde en hertz.
3. En **déduire** sa période en seconde
4. Quelle distance a parcouru une vague avant que la suivante prenne naissance ?
5. Quelle durée s'est alors écoulée ?
6. En **déduire** la célérité de l'onde

1. L'onde est **mécanique progressive** parce qu'il s'agit d'une perturbation qui se propage : les cercles sont de plus en plus grands. Elle est également périodique puisqu'une nouvelle onde est créée à chaque fois qu'une goutte tombe, c'est-à-dire à un intervalle de temps régulier qui définit une période.

2. La fréquence correspond au nombre de phénomènes qui se produisent chaque seconde. Ici 72 gouttes tombent par minute, donc 60 fois moins en une seconde. , $f = \frac{72}{60} = 1,2 \text{ Hz}$.

3. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1,2} = 0,83 \text{ s}$

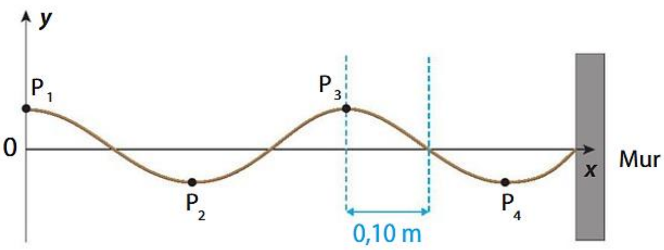
4. D'après l'énoncé la distance vaut d = 20 cm. Cette distance est aussi la longueur d'onde λ.

5. Par définition il s'est écoulé une période T, soit 0,83 s.

6. La célérité vaut

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{20 \times 10^{-2}}{0,83} = 0,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 24 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Ex 15 – Onde sur une corde



*L'extrémité d'une corde est fixée à un mur, l'autre extrémité est agitée verticalement, sinusoïdalement, avec une période **T de 250 ms.***

1. **Décrire** le mouvement d'un point de la corde

2. *Après 2,1 s, une perturbation a parcouru la distance d = 3,2 m.*

Exprimer puis **calculer** la célérité v de l'onde

3. *À l'instant t_1, l'aspect de la corde est le suivant :*

a) **Déterminer** la longueur d'onde λ de l'onde sinusoïdale

b) En **déduire** la célérité v_1 de l'onde à l'instant t_1 et la comparer à la valeur v déterminée à la question 2.

4. **Schématiser** l'aspect de la corde à la date t_2, 125 ms après la date t_1

1. Chaque point de la corde effectue des oscillations verticales dont la période est T = 250 ms. Seul le point de fixation sur le mur reste immobile.

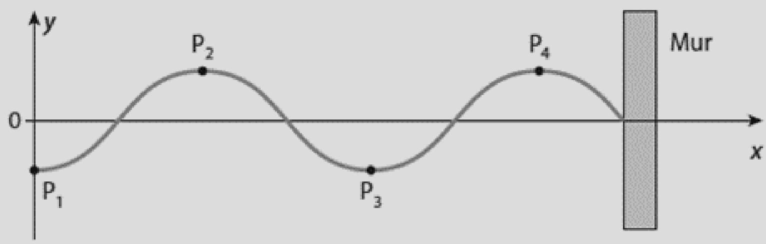
2. On a $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{3,2 \text{ m}}{2,1 \text{ s}} = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. a. On lit sur le graphique $\frac{\lambda}{4} = 0,10$ m donc $\lambda = 0,40$ m.

b. On a $v = \frac{\lambda}{T}$ donc $v_1 = \frac{0,40 \text{ m}}{250 \times 10^{-3} \text{ s}} = 1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Les deux valeurs de vitesse obtenues sont proches.

4. On a $t_2 = t_1 + 125$ ms donc $t_2 = t_1 + \frac{T}{2}$ donc les signaux sont décalés d'une demi-période dans le temps et d'une demi longueur d'onde dans l'espace, soit :



Ex 16 – Propagation de la houle

Une houle de 10 m de hauteur a une période T de 20 s et une longueur d'onde λ de 100 m.
La hauteur de la houle est la dénivellation entre une crête et un creux

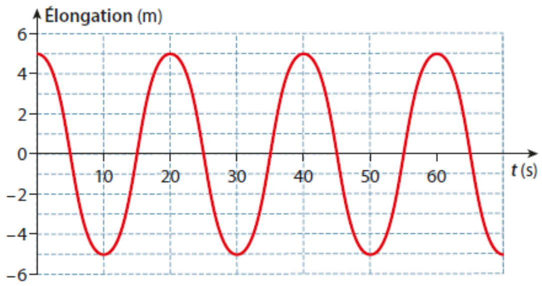
1. Quelle est l'amplitude de cette houle ?
2. **Donner** la représentation temporelle de l'élongation d'un point M de la surface de l'eau, l'onde étant supposée sinusoïdale
3. **Donner** une représentation spatiale de la surface de l'eau à un instant t
4. **Exprimer** et **calculer** la célérité de cette houle

1. D'après le texte, la hauteur de la houle est la dénivellation entre une crête et un creux.

L'amplitude de la houle est donc égale à la moitié de sa hauteur c'est-à-dire 10/2 = 5,0 m.

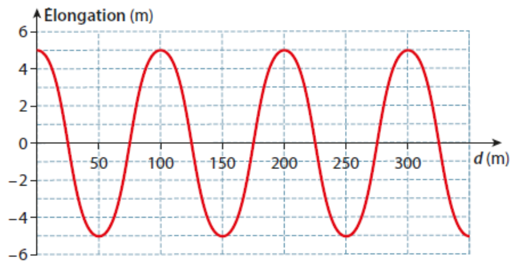
2. La représentation temporelle d'un point M de la surface de l'eau est une sinusoïde d'amplitude 5,0 m et de période 20 s.

Exemple de représentation :



3. La représentation spatiale de la surface de l'eau à un instant t est une sinusoïde d'amplitude 5,0 m et de longueur d'onde 100 m.

Exemple de représentation :



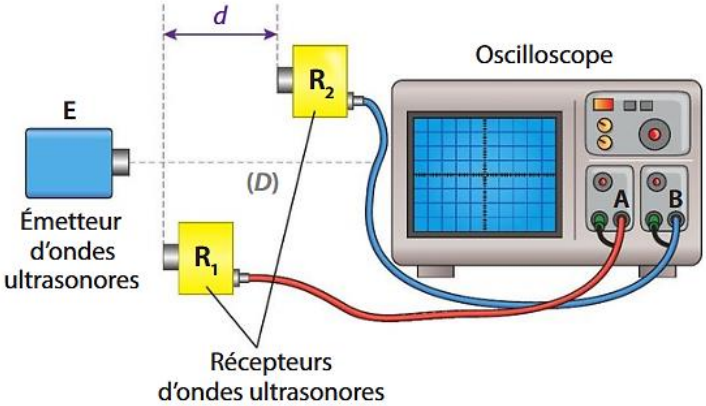
4. On a $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{100}{20} = 5{,}0\ m.s^{-1}$

La célérité de cette houle est égale à 5,0 m·s^{-1}.

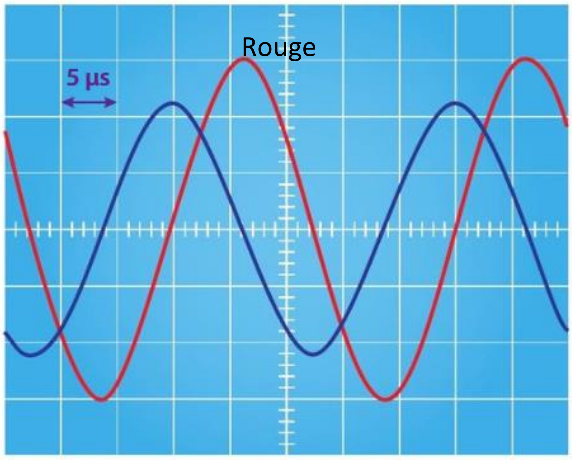
Ex 17 – Célérité d'une onde ultrasonore

On souhaite connaître la célérité d'une onde ultrasonore qui se propage dans l'air.

On réalise le montage ci-contre :



Pour une certaine position des récepteurs, on obtient l'oscillogramme suivant :
Les sensibilités verticales des deux voies de l'oscilloscope sont identiques.
La courbe rouge correspond au signal du récepteur R_1 et la courbe bleue à celui du récepteur R_2.
Lorsque les récepteurs sont à égale distance de l'émetteur, les courbes sont confondues.
Le récepteur R_1 restant fixe, on éloigne le récepteur R_2 le long de l'axe (D) en comptant le nombre de fois où les abscisses des maximas sont confondues.
Lorsque la distance d est égale à 8,5 cm, les abscisses des maximas se sont retrouvées confondues 10 autres fois



Question : Calculer la célérité v de l'onde ultrasonore dans l'air

Sur l'oscillogramme, on mesure qu'une période des ondes ultrasonores correspond à 5,0 divisions et qu'une division correspond à 5 µs.

On a donc T = 5,0 × 5 µs = 25 µs = 25 × 10^{-6} s.

La distance d correspond à 10 longueurs d'onde puisque les maximas des deux courbes se sont retrouvés confondus 10 autres fois.

On a donc λ = d/10= 8,5/10= 0,85 cm = 8,5 × 10^{-3} m.

$v = \frac{\lambda}{T}$ donc v = 8,5 × 10^{-3} / (25 × 10^{-6}) = 340 m·s–1.

La célérité de l'onde ultrasonore dans l'air est 340 m·s^{-1}.

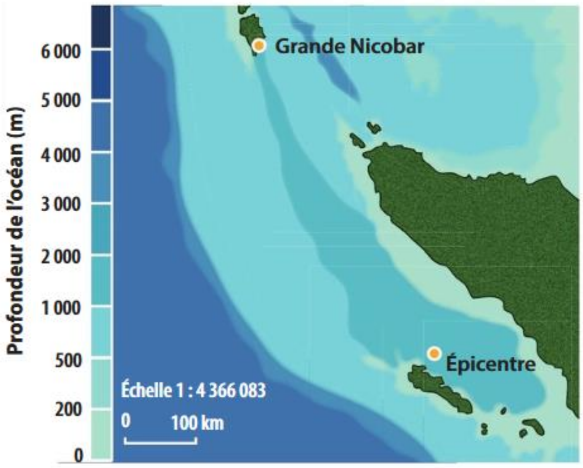
Ex 18 – Séisme en Indonésie

De combien de temps les habitants de l'île de Grande Nicobar auraient-ils disposé pour se mettre à l'abri s'ils avaient été prévenus dès l'instant où le séisme s'est produit ?

Donnée
- $g = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

A Séisme en Indonésie le 26 décembre 2004

Le 26 décembre 2004, à la suite d'un tremblement de terre dans le centre de l'Indonésie, une vague s'est abattue sur l'île de Grande Nicobar.
Le foyer du séisme a été localisé à 30 km de profondeur, au sud de Grande Nicobar. L'épicentre est représenté sur la carte ci-dessous.



B Tsunami

Un tsunami est une onde produite par le brusque déplacement d'un volume très important d'eau, résultant en général, d'un séisme. Le brusque mouvement d'eau donne naissance à une série d'ondes, de très grandes longueurs d'onde, de l'ordre de la centaine de kilomètres.

C Célérité des ondes de surface

On peut classer les ondes de surface, suivant leurs caractéristiques et celles du milieu de propagation. Deux types d'ondes sont présentés ci-dessous :

– **Ondes courtes** : lorsque la longueur d'onde λ est faible par rapport à la profondeur locale h de l'océan (au moins λ , 0,5 h).
Leur célérité v est donnée par : $v = \sqrt{\dfrac{g \times \lambda}{2\pi}}$

– **Ondes longues** : lorsque la longueur d'onde λ est très grande par rapport à la profondeur h de l'océan (λ . 10 h), les ondes sont appelées des ondes longues. Leur célérité v est définie par : $v = \sqrt{g \times h}$.

Tout d'abord, d'après le document A, en tenant compte de l'échelle, la distance qui sépare l'île de l'épicentre est environ 500 km.

Le tsunami parcourt environ 250 km sur des fonds dont la profondeur est de l'ordre de 2 000 m puis environ 250 km sur des fonds dont la profondeur est de l'ordre de 1 000 m.

La durée Δt_1 mise par le tsunami pour parcourir 250 km pour une profondeur h_1 = 2 000 m a pour expression :

$$\Delta t_1 = \frac{d}{v} = \frac{d}{\sqrt{g \times h_1}}.$$

De même, la durée Δt_2 mise par le tsunami pour parcourir 250 km pour une profondeur h_2 = 1 000 m a pour expression :

$$\Delta t_2 = \frac{d}{v} = \frac{d}{\sqrt{g \times h_2}}.$$

$$\text{La durée totale } \Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \frac{250 \times 10^3\ \mathrm{m}}{\sqrt{9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}} \times 2\,000\ \mathrm{m}}}$$

= 4,3 × 103 s soit environ une heure et douze minutes.

Les habitants de l'île de Grande Nicobar ont environ une heure douze minutes pour se mettre à l'abri, s'ils sont prévenus immédiatement.

Mais la détermination de la profondeur des océans sur la carte est imprécise et elle a une influence sur la célérité et donc sur la durée de propagation de l'onde. La durée déterminée est donc peu précise.

Ex 19 – La propagation d'une onde

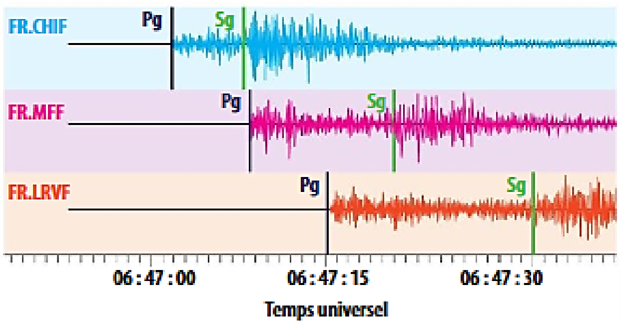
A Les ondes sismiques

Lors d'un séisme, des ondes naissent au foyer et traversent la Terre. Elles se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismomètres. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont modifiées par les structures géologiques traversées. C'est pourquoi les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure.

Parmi les ondes sismiques, on distingue :
– les ondes P qui sont des ondes de compression ; leur célérité v_P vaut en moyenne $v_P = 6{,}0\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$.
– les ondes S appelées ondes de cisaillement ; leur célérité v_S vaut en moyenne $v_S = 3{,}5\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$.

B Les courbes de sismographes

Les courbes ci-dessous ont été obtenues par trois sismographes. Les repères Pg et Sg correspondent respectivement à l'arrivée des ondes P et S sur le sismographe après leur propagation depuis le foyer.



1. Dans quel milieu matériel les ondes sismiques se propagent-elles ? Quelle propriété du milieu permet cette propagation ?

2. À partir des courbes B, recopier et compléter le tableau ci-dessous donnant les dates t_P et t_S d'arrivée des ondes P et S dans chaque station (arrondies à la seconde la plus proche).

Station	t_P	t_S	Différence $t_S - t_P$
FR.CHIF	06 h 47 min 02 s	06 h 47 min 08 s	6 s
FR.MFF	06 h 47 min 08 s	06 h 47 min 21 s	
FR.LRVF			

3. Soit d la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit et t_0 la date inconnue du séisme.
Exprimer la célérité notée v_S des ondes S en fonction de la distance d parcourue et des dates t_S et t_0. Faire de même pour les ondes P avec la vitesse v_P et les dates t_p et t_0.

4. À partir de la réponse précédente, exprimer $t_S - t_0$ et $t_p - t_0$ puis l'expression $t_S - t_P$ en fonction de d, v_P et v_S.

5. En déduire l'expression de la distance d :

$$d = \frac{v_S \times v_P}{v_P - v_S} \times (t_S - t_P).$$

6. Calculer la valeur numérique de cette distance d pour chacune des stations.

7. Comment déterminer la position du foyer du séisme ?

8. Citer deux sources d'erreurs possibles lors de ces déterminations.

1. Les ondes sismiques se propagent dans la Terre. Grâce à l'élasticité du sol, la perturbation se transmet de proche en proche.

2. Le tableau est complété par lecture du doc. B :

Station	t_P	t_S	$t_S - t_P$
FR.CHIF	06 h 47 min 02 s	06 h 47 min 08 s	6 s
FR.MFF	06 h 47 min 08 s	06 h 47 min 21 s	13 s
FR.LRVF	6 h 47 min 15 s	6 h 47 min 33 s	18 s

3. $v_s = \dfrac{d}{t_S - t_0}$ et $v_P = \dfrac{d}{t_P - t_0}$.

4. $t_S - t_0 = \dfrac{d}{v_S}$ et $t_P - t_0 = \dfrac{d}{v_P}$.

Il vient $t_S - t_P = \dfrac{d}{v_S} - \dfrac{d}{v_P}$.

5. $t_S - t_P = d \times \left(\dfrac{1}{v_S} - \dfrac{1}{v_P}\right) = d \times \dfrac{v_P - v_S}{v_S \times v_P}$

D'où $d = \dfrac{v_P \times v_S}{v_P - v_S} \times (t_S - t_P)$.

6. Pour la station FR.CHIF,

$d_1 = \dfrac{6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1} \times 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}}{6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1} - 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}} \times 6\ \text{s} = 5 \times 10^1\ \text{km}$;

Pour la station FR.MMF,

$d_2 = \dfrac{6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1} \times 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}}{6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1} - 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}} \times 13\ \text{s} = 1{,}1 \times 10^2\ \text{km}$;

Pour la station FR.LRVF,

$d_3 = \dfrac{6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1} \times 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}}{6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1} - 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}} \times 18\ \text{s} = 1{,}5 \times 10^2\ \text{km}$.

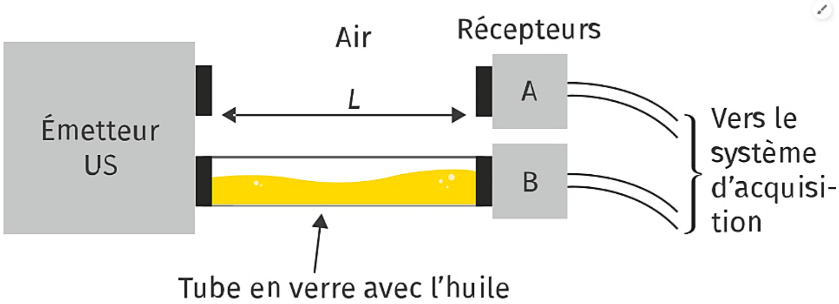
7. On trace sur une carte, trois cercles à l'échelle centrés sur les trois stations de rayons respectifs d_1, d_2 et d_3. Le point d'intersection entre ces trois cercles correspond au foyer du séisme.

8. – La détermination de $t_S - t_P$ est approximative sur les courbes du sismographe et de ce fait la valeur de d calculée l'est aussi ;

– les valeurs des distances d sont calculées dans l'hypothèse où les ondes sismiques se propagent en ligne droite et à la surface de la Terre.

Ex 20 – Mesure de la célérité d'une onde sonore

La célérité du son dans une huile végétale dépend de sa pureté.
Pour l'huile d'olive, la valeur notée v_{huile} se situe entre 1 595 et 1 600 $m \cdot s^{-1}$ quelle que soit sa provenance.
Une valeur plus faible signifie que l'huile a été diluée, lui faisant perdre de ses qualités.
Pour tester une huile d'olive au lycée, on utilise le montage suivant qui permet de comparer les durées de parcours d'une onde ultrasonore.



L'émetteur d'ultrasons génère simultanément deux salves, les récepteurs A et B sont reliés à une interface d'acquisition qui déclenche l'enregistrement des signaux dès que le récepteur B détecte des ultrasons.

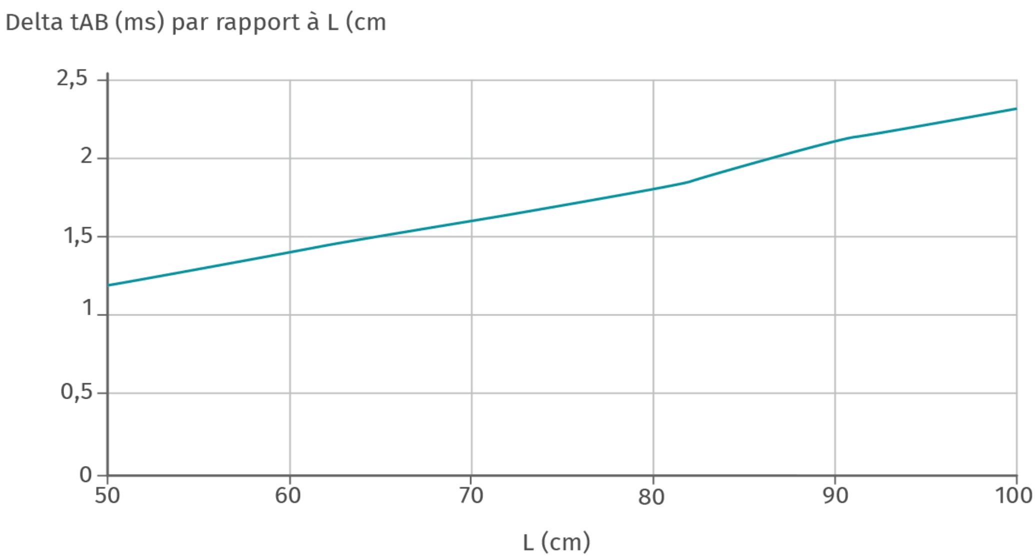
L'huile testée est disposée dans un tube en verre entre l'émetteur et le récepteur B, tandis que l'air sépare l'émetteur du récepteur A.

1. Pourquoi déclenche-t-on l'acquisition sur le récepteur B plutôt que sur le A ?

La durée écoulée entre les deux signaux reçus en A et B, notée Δt_{AB}, est mesurée en fonction de plusieurs valeurs de longueur du tube (notée L). Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

L (cm)	50	60	70	80	90	100
Δt_{AB} (ms)	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3

2. On donne la courbe $\Delta t_{AB}=f(L)$.



Exprimer Δt_{AB} en fonction de L, v_{air} et v_{huile} en exploitant les définitions de ces célérités

3. L'huile semble-t-elle être pure ? **Justifier.**

1. La célérité du son dans l'huile (1 600 m·s^{-1}) est plus élevée que la célérité du son dans l'air (340 m·s^{-1}).

L'onde qui se propage dans le tube contenant l'huile arrivera donc la première, le récepteur B recevra le premier un signal. Le temps entre la détection de ce signal sur le récepteur B et la détection du signal sur le récepteur A correspond à l'écart que l'on cherche à mesurer.

2.La durée mise par l'onde pour aller de l'émetteur au point A, dans l'air, est : $t_{\text{air}} = \frac{L}{v_{\text{air}}}$.

La durée pour aller de l'émetteur au point B, dans l'huile, se calcule tel que : $t_{huile} = \frac{L}{v_{\text{huile}}}$.

Δ_{AB} représente la durée écoulée entre les deux signaux, donc :

$$\Delta_{\text{AB}} = t_{\text{air}} - t_{\text{huile}} = \frac{L}{v_{\text{air}}} - \frac{L}{v_{\text{huile}}}.$$

$$= \left(\frac{1}{v_{air}} - \frac{1}{v_{huile}}\right) \times L$$

3. La relation entre Δ_{AB} et *L* est une fonction linéaire dont le coefficient directeur est $k = \left(\frac{1}{v_{air}} - \frac{1}{v_{huile}}\right)$

À partir de la courbe tracée en **2.**, presque linéaire, on peut déterminer graphiquement le coefficient directeur *k* correspondant aux valeurs expérimentales.

$$k = \frac{2,3 - 1,2}{100 - 50} = 2,2 \times 10^{-2}\ \text{s} \cdot \text{m}^{-1}.$$

$$k = \left(\frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{huile}}}\right) = \frac{340}{1 - 2,2 \times 10^{-3} \times 340} = 1\ 349\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

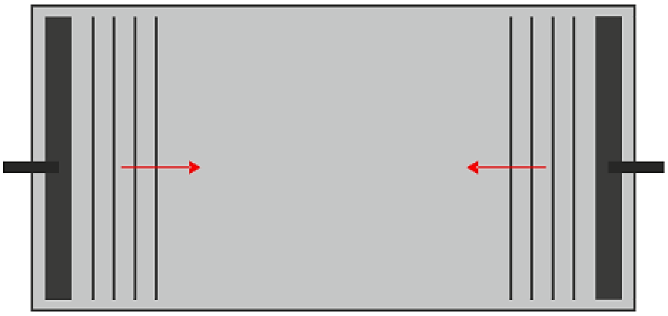
Cette célérité est inférieure à l'intervalle de données correspondant à une huile pure.

On peut donc affirmer qu'elle n'est pas pure mais diluée avec une autre huile.

Ex 21 – Superposition d'onde de surface

On équipe le plateau horizontal d'une cuve à ondes de deux sources d'ondes sinusoïdales synchronisées. Les vagues se propagent sur le plan du plateau. Les deux vibreurs créent simultanément des vagues identiques, à chaque extrémité. Les ondes sont périodiques et se déplacent parallèlement aux vibreurs, chacune dans un sens opposé.

La fréquence des vibreurs est f= 25 Hz, la célérité des ondes a pour valeur v= 50 cm·s^{-1}.



1. Que va-t-on observer lorsque les vagues vont se rencontrer ?
2. De quelle distance doit-on déplacer vers la gauche le vibreur 2, sans déplacer le vibreur 1, si l'on veut qu'au centre de la cuve il n'y ait jamais de vague ? Justifier la réponse en détaillant les étapes de la résolution

1. Les effets des vagues vont s'ajouter et les déformations vont s'additionner.

2. Les deux sources se situent aux deux extrémités et émettent des ondes (les vagues) de façon synchronisée. Ainsi, le centre de la cuve recevra à chaque instant deux vagues identiques : l'une venant de droite, l'autre venant de gauche.

La superposition de ces deux vagues, quel que soit l'instant, donnera un effet « double » par rapport à l'effet d'une seule vague.

Pour qu'il n'y ait pas de vague en ce point, il faut qu'à chaque instant les effets des deux vagues qui se rencontrent se compensent : lorsque celle de gauche est à son maximum, celle de droite doit être à son minimum.

Le maximum et le minimum de la vague est séparé d'une distance d'une demi-longueur d'onde, il faut donc décaler la source de droite (vibreur 2) de cette distance.

La longueur d'onde vaut : $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{50 \times 10^{-2}}{25} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,0 \text{ cm}$.

Il faut déplacer le vibreur 2 de $\frac{\lambda}{2} = 1,0 \text{ cm}$ vers la gauche.

Remarque : le point où il n'y aura pas de vague sera toujours le point central de la cuve, mais ne sera plus à égale distance des deux vibreurs.