Chapitre 3. Ondes mécaniques progressives
Exercices – Corrigé

Exercice 1 : Célérité d'une onde

A. Célérité des ondes sismiques

1. La célérité dépend du milieu de propagation.
2. $v = d / \Delta t$ **$v = 2,44 \,.\, 10^3$ m.s^{-1}** ($\approx$ 9000 km.h^{-1})

B. Célérité d'une onde à la surface de l'eau

1. L'onde se propageant à la surface de l'eau est une **onde mécanique progressive transversale**.
2.
3. **L'onde transporte de l'énergie** : le bouchon est soulevé puis revient à sa position initiale : il n'est pas transporté plus loin.
4. On trouve successivement pour chacun des relevés : v_1 = 0,36 m.s^{-1} v_2 = 0,37 m.s^{-1} v_3 = 0,38 m.s^{-1}
   d'où une vitesse moyenne **v = ,37 m.s^{-1}**

☆ **Exercice 2 : Comme les indiens …**

$v = d / \Delta t$ donc $\Delta t = d / v$

$\Delta t_{eau} = \Delta t_{acier} + \tau \Leftrightarrow d / v_E = d / v_A + \tau$

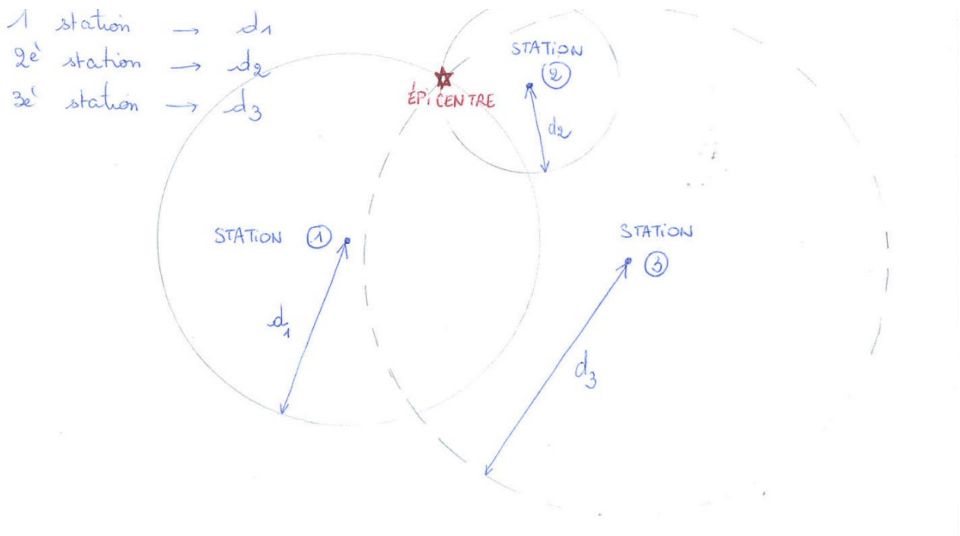
$\Leftrightarrow d = \tau / (1/v_E - 1/v_A)$ **d = 3,9 km**

Exercice 3 : Détermination de la célérité d'une onde le long d'une corde

1. L'onde est une **onde mécanique progressive transversale**.
2. **d_{23} = 20 cm** **d_{12} = 20 cm**
3. $v = d / \Delta t$ Entre t_1 et t_2, on obtient v = 0,833 m.s^{-1}
   Entre t_2 et t_3, on obtient v = 0,910 m.s^{-1}
   donc on peut considérer une vitesse moyenne **v = 0,85 m.s^{-1}.**
4. L'onde atteint le point vert à t = **t_2 = 0,47 s.**
5. On mesure l'étendue spatiale de la perturbation (ou longueur de la perturbation) : ℓ = 40 cm
   L'onde parcourt cette distance en $\Delta t = \ell / v$ soit Δt =0,47 s
   L'onde dépasse donc le point M à t = t2 + Δt **t = 0,94 s**.
6. A l'instant t_0 = 0,15 s, on se place donc à τ = 0,10 s avant l'instant t_1 = 0,25 s.
   Pendant une durée τ = 0,10 s, l'onde a parcouru une distance égale à $v \times \tau$ c'est-à-dire 0,085 m = 8,5 cm.
   A t_1 = 0,25 s, le front de l'onde est situé au repère 50 cm donc à t_0 = 0,15 s, il est situé 8,5 cm avant soit à 41 cm.
   A t_1 = 0,25 s, la queue de l'onde est situé au repère 10 cm donc à t_0 = 0,15 s, il est situé 8,5 cm avant soit à 1 cm.

Exercice 4 : Localisation de l'épicentre d'un tremblement de terre

1.
2. **Les vitesses des ondes S ou P ne sont pas constantes**. En effet, si elles étaient constantes alors la durée de propagation serait proportionnelle à la distance parcourue ($\Delta t = d/v$) donc les courbes de vitesse correspondraient à des fonctions linéaires (droites passant par l'origine). Les vitesses ne sont pas constantes car elles dépendent du milieu dans lequel se propagent les ondes : plus on s'éloigne de l'épicentre, plus l'onde s'est propagé en profondeur donc a traversé un matériau différent.
3. Sur le graphique, pour d = 2000 km, on mesure la durée associée à l'onde P et celle associée à l'onde S et on obtient : $v = d / \Delta t$ **v_P = 7,6 km/s**
   v_S = 4,4 km/s < v_P
4. **On détecte en premier l'onde P, plus rapide**.
5. Entre les 2 ondes, on mesure **$\tau \approx$ 6 min**.
6. Pour **d = 4600 km** (3,5 cm sur le graphe), on retrouve $\tau \approx$ 6 min (14 – 8). Donc l'épicentre est situé à 4600 km du sismographe.



Exercice 5 : Mesure de la vitesse des ultrasons dans l'air

$v = d / \Delta t$ avec $d = 0{,}8$ m
On mesure $\Delta t = 1{,}2$ div x 2,0 ms = 2,4 ms donc **v = 333 m.s^{-1}**

☆ Variante :
En prenant $v = 340$ m.s^{-1} $d = v \times \Delta t$ $d = 340 \times 2{,}4.10^{-3} = 0{,}80$ m
La distance mesurée correspond à un aller-retour de l'onde donc la distance à la paroi réfléchissante vaut **40 cm**.

Exercice 6 : Echographie

En échographie, pour explorer le cœur, on utilise des ondes ultrasonores de fréquence 2,00 MHz.

1. Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques car elles se propagent uniquement dans la matière.
2. $\lambda = v \times T$ $T = 1/f$ donc $\lambda = v / f$ **$\lambda = 1{,}70 \cdot 10^{-4}$ m**
3. La fréquence reste la même car elle ne dépend que de la source et pas du milieu de propagation.
   F = 2,00 MHz $\lambda = v / f$ donc **$\lambda = 7{,}5 \cdot 10^{-4}$ m**

Exercice 7 : Ondes à la surface de l'eau

1. $v = \lambda \times f$ On mesure sur la photographie plusieurs longueurs d'onde, par exemple $10\ \lambda = 1{,}6$ cm soit avec la mise à l'échelle **λ = 0,48 cm**.
   D'où **v = 0,24 m.s^{-1}**
2. Il s'agit d'une **onde mécanique progressive transversale**.
3.
4. On cherche la distance ΔR entre 2 fronts d'onde séparés d'une durée $\tau = 0{,}4$ s : $\Delta R = v \times \tau$
   ΔR = 9,75 cm.

Exercice 8 : Propagation d'une onde sur une corde

1. $\mu = m / \ell$ $\mu = 1{,}25 \cdot 10^{-3}$ kg.m^{-1} F = 1,2 N donc **v = 31 m.s^{-1}**
2. Pour que M_1 et M_2 vibrent en phase, ils doivent être séparés par une longueur d'onde ou un multiple de la longueur d'onde : $x_2 - x_1 = n\,\lambda$ avec $n \in \mathbb{N}$
   On calcule $\lambda = v / f$ soit **λ = 31 cm.**
   Les points M_1 et M_2 vibrent en phase s'ils sont distants de **31 ou 62 cm**.
3. M_1 et M_2 vibrent en opposition de phase s'ils sont distants de $(2\,n + 1)\ \lambda/2$ soit un nombre impair de demi-longueur d'onde ($\lambda/2$ ou $3\lambda/2$ ou $5\lambda/2$...), c'est-à-dire s'ils sont distants de **15,5 ou 46,5 ou 77,5 cm**.

Exercice 9 : **Vibrations sonores**

1. SM = d

- Pour que le micro M soit en phase avec le haut-parleur S, il faut que d soit un multiple de λ. Or $\lambda = v/f$, il faut donc que d = n . v/f ce qui conduit à f = n . v /d avec n $\in$ |N. **f est un multiple de 170 Hz : 170 ou 340 ou 510 Hz ...**
- Pour que le micro M soit en opposition de phase avec le haut-parleur S, il faut que d soit un multiple impair de $\lambda/2$. Or $\lambda = v/f$, il faut donc que d = (2n+1) . v/2f ce qui conduit à f = (2n+1) . v /2d. **f est un multiple impair de 85 Hz : 85 ou 255 ou 425 Hz ...**

2. Pour f = 510 Hz, λ = 67 cm donc **M est situé à 3 longueurs d'onde de S**. Les points situés à une distance λ et 2λ sont aussi en phase avec S.
3. Il y a donc **3 points vibrant en phase** avec le haut parleur sur le segment [SM].
4. On calcule λ pour f = 550 Hz : λ = 62 cm. Donc il faut rapprocher le point M pour qu'il soit situé à 3 longueurs d'onde de S (c'est-à-dire à une distance d = 185 cm, donc le **rapprocher de 15 cm**) ou il faut l'éloiger pour qu'il soit situé à 4 longueurs d'onde de S (c'est-à-dire à une distance d = 247 cm, donc l'**éloigner de 47 cm**).

Exercice 10 : **Observation avec le stroboscope**

1. Le phénomène se répète 60 fois par seconde. Donc il paraîtra immobile s'il est éclairé 60 fois par seconde ou 30 fois par seconde (1 phénomène sur 2) ou 15 fois par seconde (1 phénomène sur 4) … : f = 60 / n avec n $\in$ |N, soit **f = 60 ou 30 ou 20 ou 15 ou 12 Hz** ….
2. 10 λ = 5,0 cm donc **λ = 5,0 mm**.
3. v = λ . f et f = 60 Hz donc **v = 0,30 $m.s^{-1}$**
4. Il faut choisir un vibreur qui soit plan (règle horizontale par exemple).