Exercices du chap.3 - correction

24 a. Le retard entre les signaux reçus par les deux micros est τ = 2,6 – 1,3 = 1,3 ms.
b. La distance séparant les deux micros vaut donc $d = v\tau$ $= 340 \times 1,3 \times 10^{-3} = 0,44$ m.
c. L'enregistrement du signal commençant à l'émission du bip, il s'écoule donc 1,3 ms entre l'émission du bip et la réception par le premier micro ; donc 0,44 m entre le bip et le premier micro.

28 Le retard de perception du son vaut $\tau = \frac{d}{v_{\text{air}}}$ $= \frac{5,3}{340} = 0,015$ s = 15 ms.

30 La fréquence du son émis est :
$f = \frac{1}{\mathrm{T}} = \frac{1}{1,0 \times 10^{-5}} = 1,0 \times 10^{5}$ Hz

32 a. La période du son émis vaut $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{880} = 1,14$ ms.
b. La longueur d'onde vaut donc $\lambda = v_{\text{air}}T$ $= 340 \times 1,14 \times 10^{-3} = 0,388$ m
c. $\frac{0,92}{0,388} = 2,4$

Ces points ne sont pas en phase car ils ne sont pas séparés par un nombre entier de longueur d'onde.

33 a. Cette onde est périodique puisque le phénomène créant l'onde (l'agitation) est lui-même périodique.
b. La période de ce phénomène de fréquence $f = 3,5$ Hz vaut $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3,5} = 0,29$ s.
c. La longueur d'onde vaut λ = 15 cm donc la célérité est $v = \lambda f = 3,5 \times 0,15 = 0,52$ m·s^{-1}.

34 la période T mesurée sur le graphe est $T = 2,0$ ms (en mesurant $7T$), donc la fréquence f est :

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,0 \times 10^{-3}} = 5,0 \times 10^{2}$ Hz

36 a. Sur le document, 3,1 cm correspondent à 6,0 cm en réalité. Et on mesure 2,3 cm pour quatre écarts entre deux zones blanches, donc $\lambda = \frac{2,3 \times 6,0}{4 \times 3,1} = 1,1$ cm.
La célérité de l'onde périodique est donc :
$v = \lambda f = 1,1 \times 20 = 22$ cm·s^{-1}.
b. Si la fréquence double et que la longueur d'onde augmente, forcément la célérité change puisque $v = \lambda f$.

37

AB	12 cm	3,4 m	15 m	$1,0 \times 10^{2}$ m
τ_{AB}	5,0 ms	10 ms	10 ms	10 s
Célérité	24 m·s^{-1}	340 m·s^{-1}	$1,5 \times 10^{3}$ m·s^{-1}	36 km·h^{-1}

39 a. La distance parcourue par le son entre les deux coureurs est $d = 15 - 5 = 10$ m. Le retard de perception du signal est donc $\tau = \frac{d}{v_{\text{air}}} = 29$ ms.
b. Cela crée une inégalité car il y a presque 30 ms d'écart donc trois centièmes de seconde.

40

	Onde 1	**Onde 2**	**Onde 3**	**Onde 4**
Fréquence	25 Hz	1,8 kHz	13 Hz	0,22 Hz
Période	40 ms	0,56 ms	75 ms	4,5 s
Célérité	340 m·s^{-1}	22 m·s^{-1}	0,20 m·s^{-1}	25 km·h^{-1}
Longueur d'onde	14 m	12 mm	1,5 cm	31 m

41 a. La salve verte est le premier signal reçu, donc correspond au micro le plus proche du coup. La salve orange correspond au micro le plus éloigné du coup.
b. La valeur du retard mesuré sur le graphe est $\tau = 10 \times 10^{-5}$ s.
c. La célérité de l'onde dans la barre vaut donc :
$v = \frac{d}{\tau} = \frac{0,38}{10,10^{-5}} = 3,8 \times 10^{3}$ m·s^{-1}
d. Dans l'air, le retard vaut $\tau = \frac{d}{v_{\text{air}}} = \frac{0,38}{340} = 1,1$ ms.
La célérité dépend du milieu de propagation, voilà pourquoi cette valeur est différente de la précédente.

42 a. La vague est une onde mécanique progressive car il y a propagation de la vague sans que l'eau avance avec elle.
Elle n'est pas périodique car il y a une seule perturbation, lors du tremblement de Terre.
b. Le tsunami a mis environ τ = 21 h pour parcourir $d = 17 \times 10^{3}$ km donc sa célérité est $v = \frac{d}{\tau} = \frac{17 \times 10^{3}}{21}$
d = $8,1 \times 10^{2}$ km·h^{-1}.
c. Les ondes se sont propagées dans toutes les directions possibles sur la mer. Cet étalement de l'énergie, ainsi que l'amortissement par l'eau, font qu'elles ont eu une très faible amplitude arrivées à San Antonio.

43 a. L'onde peut se propager dans deux milieux de propagation, l'air et le métal du tuyau, les célérités dans ces deux milieux sont différentes.
b. La distance parcourue par le son dans les deux cas est d = 10,0 m. La durée du parcours dans le premier milieu est $\tau_1 = 3{,}3 \times 10^{-3}$ s. La célérité dans le premier milieu est donc $v_1 = \frac{d}{\tau_1} = \frac{10}{3{,}3 \times 10^{-3}} = 3{,}0 \times 10^3$ m·s^{-1}.

Question d'oral
La célérité d'une onde dépend des caractéristiques du milieu de propagation (rigidité, densité), de sa température, de sa pression, et peut dépendre des caractéristiques de l'onde elle-même.

44 a. Les deux ondes sont reçues aux dates 9 h 16 min 10 s et 9 h 16 min 22 s.
b. Ce n'est pas un retard au sens défini dans le cours car ce sont deux ondes différentes enregistrées au même endroit dans ce cas présent.
c. La première est perçue avec un retard τ_1
= 9 h 16 min 10 s – 9 h 15 min 54 s = 16 s
La distance parcourue étant d = 94,1 km, la célérité de cette onde est $v_1 = \frac{d}{\tau_1} = \frac{94{,}1}{16} = 5{,}9$ km·s^{-1}.
La deuxième est perçue avec un retard τ_2
= 9 h 16 min 22 s – 9 h 15 min 54 s =28 s.
Sa célérité est donc $v_2 = \frac{d}{\tau_2} = \frac{94{,}1}{28} = 3{,}4$ km·s^{-1}.
d. Avec la connaissance des célérités, on pourrait retrouver la distance parcourue (voir l'activité 5 p. 334).

46 a. La période de cette onde est $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3{,}5} = 0{,}29$ s.
b. Cette longueur sépare deux points en phase, donc c'est un nombre entier de fois la longueur d'onde, pas forcément une seule longueur d'onde.
c. Si on prenait pour célérité la valeur v = 6,9 cm·s^{-1}, on aurait $\lambda = vT = 6{,}9 \times 0{,}28 = 1{,}9$ cm. Donc 3,8 cm correspondent alors à deux fois la longueur d'onde.
Si λ = 1,9 cm on a donc $v = \lambda f = 1{,}9 \times 3{,}5 = 6{,}7$ cm·s^{-1}.

47 a. la chute de 21 gouttes correspond à 20 fois la période T. Donc $20T$ = 10 s donc T = 0,50 s et $f = \frac{1}{T} = 2{,}0$ Hz.
b. 5λ = 2,0 cm sur le document et 30 cm en réalité correspondent à 2,7 cm sur le document.

Donc $\lambda = \frac{2{,}0 \times 30}{5 \times 2{,}7} = 4{,}4$ cm.
La célérité vaut donc $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4{,}4}{0{,}5} = 8{,}8$ cm·s^{-1}.

48 1. Sur le graphique, on mesure T = 20 ms donc :
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-6}} = 50 \times 10^5 \text{ Hz}$$

2. Si l'expérience a lieu dans l'air, la célérité de l'onde est v_{air} = 340 m·s^{-1} donc $\lambda = v_{air}T = 340 \times 0{,}020 = 6{,}8$ cm.
3. a. La longueur de déplacement correspond à une longueur d'onde.
Donc λ = 2,5 cm donc $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0{,}025}{20 \times 10^{-6}}$
$= 1{,}3 \times 10^3$ m·s^{-1}
Il s'agit donc du dihydrogène.
b. La période n'est pas modifiée, c'est la longueur d'onde qui change. Donc il y a toujours le même nombre de périodes affichées.
c. Il faut déplacer le second récepteur de plusieurs longueurs d'onde, par exemple en repassant cinq fois par des situations où les signaux sont en phase à l'écran, ce qui correspond à cinq longueurs d'onde.

50 a. Il s'agit d'une onde mécanique progressive périodique sinusoïdale.
b. On peut déterminer l'amplitude et longueur d'onde.
c. Sur le document, 3λ = 6,5 cm donc λ = 2,2 cm, donc
$f = \frac{v_{air}}{\lambda} = \frac{340}{2{,}2 \times 10^{-2}} = 1{,}5 \times 10^4$ Hz
et $T = \frac{\lambda}{v_{air}} = \frac{2{,}2 \times 10^{-2}}{340} = 6{,}5 \times 10^{-5}$ s.
d. Les points en phase avec le point situé à l'abscisse 2,0 cm sont aux abscisses 4,2 cm ; 6,4 cm ; 8,6 cm.
Il faut ajouter à chaque fois la valeur de la longueur d'onde.
e. 195 µs plus tard cela correspond à $t_0 + 3T$, donc le signal aura la même allure.
f. La célérité change donc la longueur d'onde change mais la fréquence et la période ne changent pas.

51 1. a. OA = 2,50 m est égal à 10λ puisqu'il y a dix motifs spatiaux de l'onde entre O et A. D'où λ = 0,25 m.
b. On calcule $T = \frac{1}{f} = 0{,}50$ s. Sur le graphe donnant l'ordonnée de A en fonction du temps, on mesure bien $10T$ = 5,0 s.
c. D'où $v = \frac{\lambda}{T} = 0{,}50$ m·s^{-1}.
d. A et B sont en phase car ils sont séparés d'un nombre entier de longueur d'onde. On le vérifie sur le simulateur.
2. a. v n'est pas modifiée.
$T = \frac{1}{f} = 2{,}0$ s et $\lambda = vT = 1{,}0$ m.
b. A et B sont séparés d'un nombre non entier de longueur d'onde, donc ne sont pas en phase (ils sont en opposition de phase car séparés de 1,5λ).
c. À la date $t + 3T$, A est à nouveau à un sommet car un nombre entier de périodes s'est écoulé.

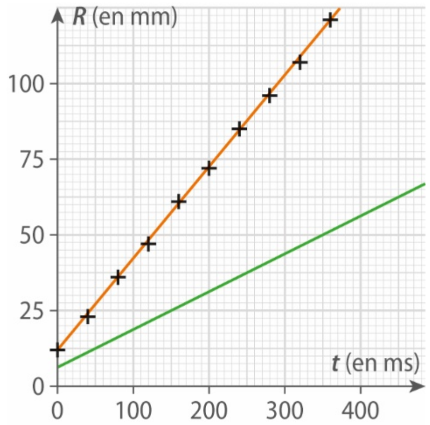
Pour les autres dates, une demi-période plus un nombre entier de période s'est écoulé, donc A est dans un creux. Pour B c'est l'inverse car A et B vibrent en opposition de phase.

52 1. a.

Image	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
R (en mm)	12	23	36	47	61
t (en ms)	0	40	80	120	160
Image	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
R (en mm)	72	85	96	107	121
t (en ms)	200	240	280	320	360

b. L'onde n'a pas été créée au début de la vidéo car $R > 0$ pour $t = 0$ s.

2. a. La profondeur est quatre fois plus petite donc la célérité étant proportionnelle à la racine carré de la profondeur est elle-même deux fois plus petite, donc la pente de la droite est deux fois plus petite (courbe en trait plein).



b. En haute mer, la profondeur de l'eau est supérieure à la profondeur de l'eau près de la côte donc le tsunami a une célérité supérieure en haute mer par rapport à la célérité près de la côte.

53 1. la distance parcourue correspond à un aller-retour donc elle vaut $2L$.

2. a. τ est la durée séparant la réception du son par les deux récepteurs.

b. Le son se propage plus vite dans l'eau donc le premier signal reçu est celui se propageant dans l'eau (trace 2, voie B).

3. a. $2L = t_{air} v_{air}$

b. $2L = t_{eau} v_{eau}$

c. $\tau = t_{air} - t_{eau}$

d. On en déduit $\tau = \frac{2L}{v_{air}} - \frac{2L}{v_{eau}}$ donc $\frac{1}{v_{air}} - \frac{1}{v_{eau}} = \frac{\tau}{2L}$, d'où $v_{eau} = \frac{2Lv_{air}}{2L - \tau v_{air}} = 1{,}5 \times 10^3$ m·s^{-1}.

4. Les paramètres influençant la précision de la détermination de la célérité est la précision de la mesure de la taille de l'aquarium et celle de τ. Pour améliorer cette précision on peut allonger l'aquarium, faire plusieurs mesures et prendre des moyennes, zoomer davantage pour τ, etc.

5. a. La célérité des ondes dans le glycérol est supérieure à celle dans l'eau donc τ est plus grand.

b. $\tau = \frac{2L}{v_{air}} - \frac{2L}{v_g} = 2{,}7$ ms

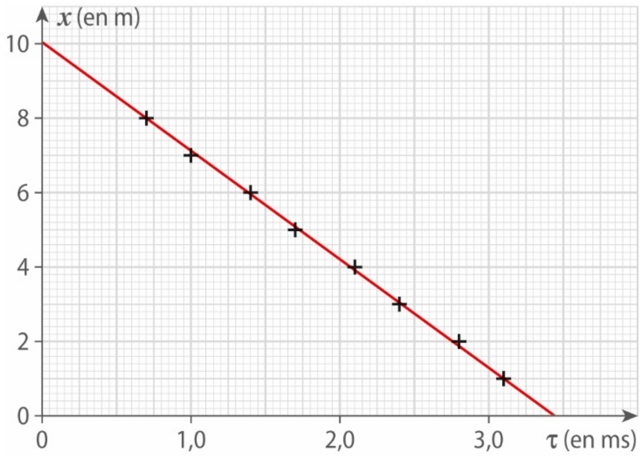
54 1. Sur le document, 14 cm correspondent à dix fois la longueur d'onde λ.
Donc $\lambda = 1{,}4$ cm $= 1{,}4 \times 10^{-2}$ m. La célérité de l'onde est donc $v = \lambda f = 1{,}4 \times 10^{-2} \times 23 = 0{,}32$ m·s^{-1}.

2. a. $\lambda = 60$ m et $h = 3\,000$ m, donc $\lambda < 0{,}5h$. Dans ces conditions, la célérité de l'onde se calcule avec la relation $v_b = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} = \sqrt{\frac{9{,}8 \times 60}{2\pi}} = 9{,}7$ m·s^{-1} donc $T = \frac{\lambda}{v_1} = \frac{60}{9{,}7} = 6{,}2$ s.

b. Pour une onde longue la célérité est $v_c = \sqrt{gh}$ $= \sqrt{9{,}8 \times 4{,}0} = 6{,}3$ m·s^{-1}.
La longueur d'onde de l'onde est donc : $\lambda_c = v_c T$ $= 6{,}3 \times 6{,}2 = 39$ m

55 a. L'onde doit parcourir vers un capteur la distance x et vers l'autre capteur la distance $L - x$.
Donc la durée de propagation de l'onde jusqu'au premier capteur est $t_1 = \frac{x}{v_{acier}}$ et, jusqu'à l'autre capteur, $t_2 = \frac{L-x}{v_{acier}}$.
Donc $\tau = t_2 - t_1 = \frac{L-x}{v_{acier}} - \frac{x}{v_{acier}} = \frac{L-2x}{v_{acier}}$.

b.



L'équation de la droite tracée est $x = a\tau + b$ avec $b = 10$ m et $a = 2{,}8 \times 10^3$ m·s^{-1}.
Et d'après la question a, on déduit $x = \frac{L}{2} - \frac{v_{acier}\tau}{2}$
donc $v_{acier} = 2a = 5{,}6 \times 10^3$ m·s^{-1}.

56

Questions préliminaires

1. Faire un schéma représentant un aller-retour.
2. Le capteur unique est donc à la fois émetteur et récepteur, le sonar émet des salves à intervalles de temps réguliers, il faut donc que le retour du signal émis ait lieu avant l'émission de la salve suivante et il ne faut pas que le signal émis revienne avant que l'émission soit finie.

Problème

La durée d'un aller-retour doit donc être supérieure à $\Delta t_1 = 1{,}7$ ms et inférieure à $\Delta t_2 = 12$ ms.
La distance minimale entre le détecteur et l'obstacle est donc $d_1 = \frac{v_{air}\Delta t_1}{2} = 0{,}29$ m.
La distance maximale est $d_2 = \frac{v_{air}\Delta t_2}{2} = 2{,}0$ m.

Il faut donc d'autres systèmes adaptés pour les distances plus grandes mais aussi pour des déplacements à vitesse élevée, en effet dans ce calcul on a considéré le sonar à l'arrêt.

57

Questions préliminaires

Le chronomètre est déclenché à la vue de la lumière de la flamme et est arrêté à la perception du son.
On fait l'hypothèse que la lumière est perçue instantanément.

Problème

La distance parcourue par l'onde dans l'eau est d = 13 487 m. La durée du parcours est τ = 9,4 s.
La vitesse mesurée expérimentalement est donc $v_{\text{eau}} = \frac{d}{\tau} = 1{,}435 \times 10^3$ s (en conservant temporairement trop de chiffres significatifs).
D'après le document 2, l'incertitude sur la distance est $U(d)$ = 20 m et celle sur la durée est $U(\tau)$ = 0,25 s.
On en déduit l'incertitude sur la vitesse :

$$(v_{\text{eau}}) = v_{\text{eau}}\sqrt{\left(\frac{U(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{U(\tau)}{\tau}\right)^2} = 38 \text{ m·s}^{-1}$$

L'encadrement de la célérité du son dans l'eau est donc 1 397 m·s^{-1} < v_{eau} < 1 473 m·s^{-1}.
À 14 °C, d'après le document 4, la vitesse du son dans l'eau vaut est 1 460 m·s^{-1}.
L'encadrement est satisfaisant car la valeur théorique attendue est dans cet intervalle.

58 La longueur d'onde est l'invariant car la taille du saxophone ne change pas.
À 0 °C la célérité du son dans l'air est :

$$v_0 = 20{,}07\sqrt{273{,}15} = 332 \text{ m·s}^{-1}$$

et, à 20 °C, elle vaut v_{20} = 344 m·s^{-1}.
La fréquence en intérieur est f_1 = 440 Hz, donc la longueur d'onde du son est $\lambda = \frac{v_0}{f_1} = \frac{344}{440}$ = 0,781 m.
En extérieur, la fréquence perçue est donc :

$$f_2 = \frac{v_{20}}{\lambda} = \frac{332}{0{,}781} = 425 \text{ Hz}$$

Le quotient des deux fréquences est $\frac{f_1}{f_2} = \frac{440}{425} = 1{,}04$.
C'est supérieur à 1,002, donc l'oreille distingue bien une différence entre les deux sons.