

EXERCICES CHAPITRE 6 : ONDES

Exercice 1: Propagation d'ondes sismiques

Chaque jour, la Terre est secouée par des tremblements. Les plus importants engendrent des ondes sismiques qui se propagent sur de très grandes distances. Le 28 octobre 2017 à 19 h 06 min 125, en France, près de Tarbes, un tremblement de terre a été détecté immédiatement par une station très proche de l'épicentre. Il a ensuite été détecté à 19 h 07 min 34 s par une station en Italie située à 600 km du foyer du séisme.

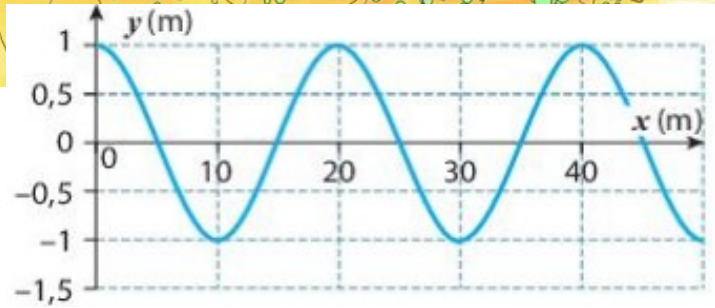
1. Expliquer la propagation des ondes sismiques.
2. Calculer la célérité de ces ondes.



Exercice 2: Propagation d'une houle

L'aspect simulé de la surface d'une eau a été représenté ci-contre.

1. Déterminer les caractéristiques de cette onde.
2. En déduire la célérité sachant que sa période T est 10 s.

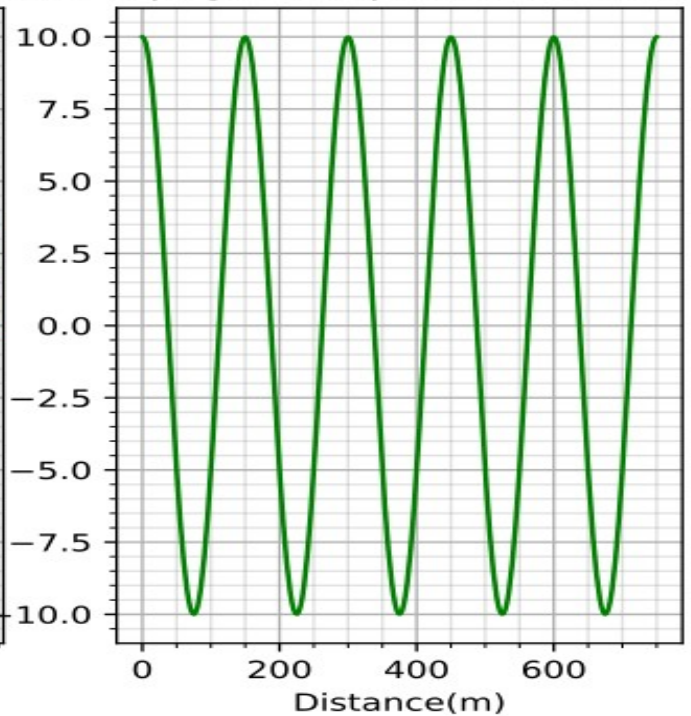
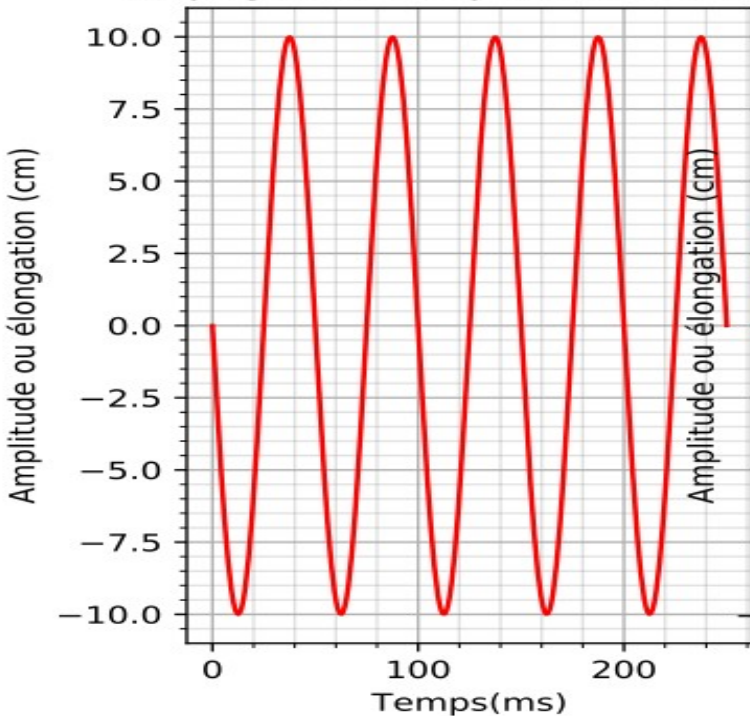


Exercice 3: Exploiter la double périodicité

On enregistre la vitesse de déplacement d'une onde dans le béton.

Les deux graphiques ci-joints correspondent aux résultats. La mesure attendue de cette vitesse est de 3 100 m.s⁻¹.

Propagation temporelle de l'onde Propagation spatiale de l'onde



Doc 1. Calcul d'incertitude

On rappelle les différentes formules intervenant dans la détermination de l'incertitude sur le résultat du mesurage d'un ensemble de n valeurs $\{x_1, x_2 \dots x_n\}$:

$$\text{Écart-type : } \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ et l'incertitude-type sur la moyenne : } u(\bar{x}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

Incertitude élargie sur la moyenne : $U(\bar{x}) = k \cdot u(\bar{x})$,

avec : $k = 1$ pour un niveau de confiance de 68 % ;

$k = 2$ pour un niveau de confiance de 95 % ;

$k = 3$ pour un niveau de confiance de 98 % ;

Doc 2. Vitesse du son dans le béton

Afin de gagner en précision, on réalise une série de mesure de la vitesse du son dans ce matériau. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant.

Série	1	2	3	4	5	6	7
Vitesse du son dans le béton	3100	2990	3050	2995	2999	3005	2998

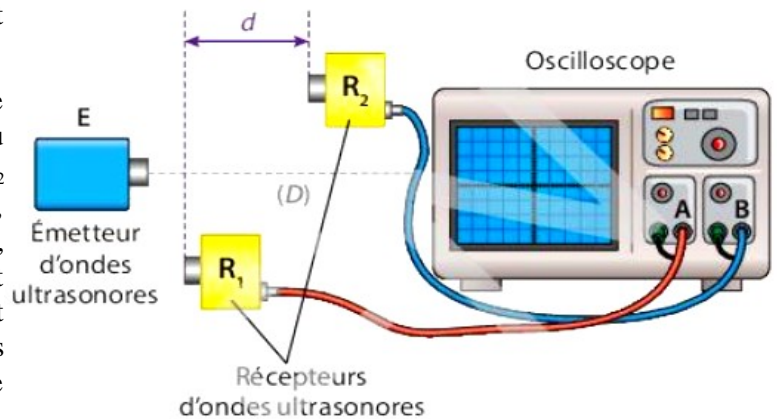
- Déterminer la période, la longueur d'onde et l'amplitude de cette onde.
- En déduire la célérité de cette onde.
- Déterminer l'incertitude de la mesure pour une précision de 95 %.
- Proposer un encadrement de la mesure de la vitesse du son dans le béton. Conclure

Exercice 4: 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 ci-joint :

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 maxima sont confondues. Lorsque la distance d est égale à 8,5 cm, les signaux se sont retrouvés 10 fois en phase. L'incertitude est alors divisée par 10 et vaut 0,02 mm

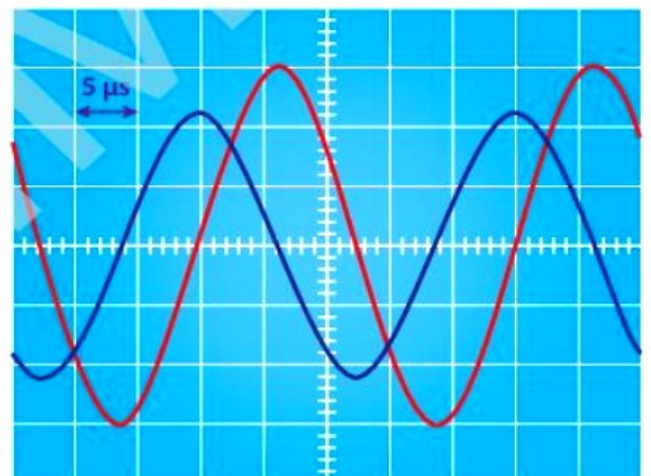


- Calculer la période T des ondes ultrasonores à partir de l'oscillogramme.
- Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde ultrasonore à partir de la distance d .
- Calculer la célérité v de l'onde ultrasonore dans l'air.
- L'incertitude de la vitesse $U(v)$ se calcule en partant de la relation suivante :

$$\frac{U(v)}{v} = \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(T)}{T}\right)^2}$$

$$U(T) = 5 \mu\text{s}.$$

Calculer l'incertitude $\frac{U(v)}{v}$ puis $U(v)$



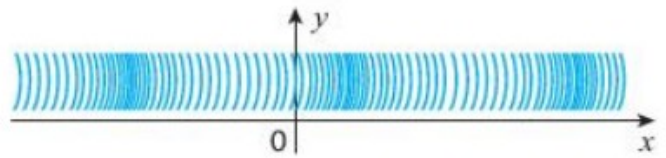
Allure des signaux pour une distance $d = 8,5$ cm.
L'incertitude de la période est de $5 \mu\text{s}$

- Proposer votre réponse sous forme d'un encadrement et conclure.

Exercice 5: Compression sur un ressort

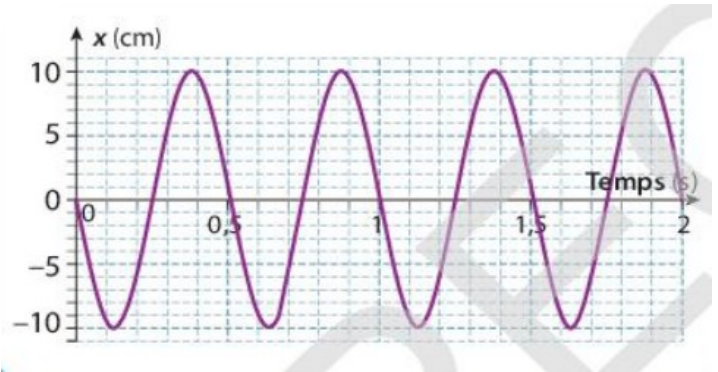
Un ressort est soumis à une déformation périodique, sinusoïdale :

On filme la propagation de ces ondes périodiques le long du ressort. Après analyse du pointage vidéo du déplacement d'un point du ressort au cours du temps, on dispose, dans un tableau, d'une série de valeurs (tableau A). x est l'élongation d'un point du ressort.



A Tableau

t (s)	x (cm)
0	
0,1	-9,5
0,2	
0,3	5,9
0,4	



Le déplacement, autour de sa position de repos initiale, d'un

point P du ressort est repéré par son élongation x en fonction du temps : $x(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T} \times t + \Phi\right)$.

1. Choisir les bonnes affirmations :

A. Le point du ressort se déplace de 10 cm autour de sa position de repos initiale.

B. Le point du ressort se déplace de 20 cm autour de sa position de repos initiale.

C. $x(t) = 5 \cos\left(\frac{2\pi}{1} \times t + \frac{\pi}{2}\right)$

D. $x(t) = 10 \cos\left(\frac{2\pi}{1} \times t + \frac{\pi}{2}\right)$

E. $x(t) = 10 \cos\left(\frac{2\pi}{0,5} \times t + \frac{\pi}{2}\right)$

a. Reproduire et compléter les cases vides du tableau

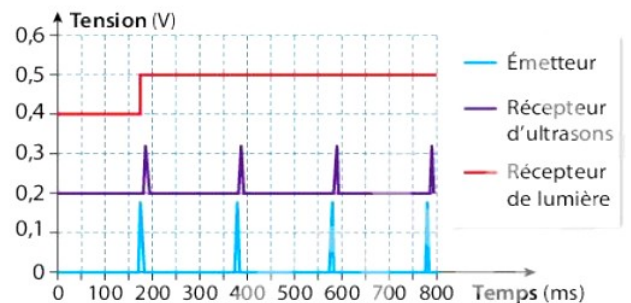
b. en utilisant l'expression correcte de $x(t)$, vérifier que les points appartiennent à la courbe du graphique B.

c. Déterminer la période, la longueur d'onde et l'amplitude de cette onde.

d. En déduire la célérité de cette onde.

Exercice 6: Le télémètre à pointeur laser

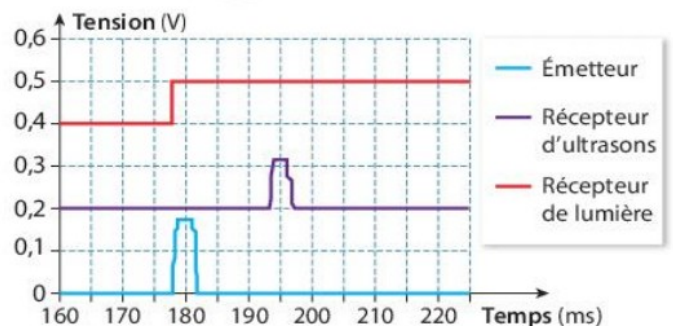
Une revue de bricolage annonce « Télémètre à ultrasons 40 kHz à faisceau lumineux ». Un acheteur se demande si la mesure se fait grâce à la réflexion des ultrasons ou bien grâce à la réflexion de la lumière. Pour le vérifier, il relie l'émetteur du télémètre à un système d'acquisition informatisé. Puis il place un récepteur ultrasonore et un récepteur de lumière à une distance d égale à 5,1 m de l'émetteur du télémètre. Les récepteurs sont également reliés au système d'acquisition. Les signaux obtenus ont été décalés verticalement pour une meilleure lisibilité.



1. À quoi correspondent les variations du signal :

- associé à la courbe rouge ?
- associé à la courbe violette ?
- associé à la courbe bleue ?

2. On zoome sur une partie de l'acquisition afin de pouvoir effectuer des mesures précises.



Calculer la célérité du signal de mesure. Confirmer que le télémètre utilise des ultrasons pour mesurer la distance.

3. Quel est le rôle du laser ?

Exercice 7: Où a eu lieu la détonation ?

Une équipe de scientifiques à bord d'un navire enregistre en pleine mer une détonation. Le son est détecté à la fois par deux capteurs, l'un situé dans l'air, capteur rouge, l'autre situé dans l'eau, capteur jaune. L'analyse des enregistrements montre que le son enregistré dans l'air est reçu avec un retard $\Delta t = 16,43$ s sur celui qui est détecté dans l'eau.

- Où a eu lieu l'explosion ?

Données :

Célérité du son dans ces conditions : dans l'eau $v_{\text{eau}} = 1\,500$ m.s⁻¹ et dans l'air $v_{\text{air}} = 345$ m.s⁻¹



CORRECTION

Exercice 1. Propagation d'ondes sismiques

1. L'onde sismique est une onde progressive. C'est une perturbation qui se déplace de proche en proche.

2. $\Delta t = t_{fin} - t_{début} = 19\text{ h }07\text{ min }34\text{ s} - 19\text{ h }06\text{ min }12\text{ s} = 1\text{ min }24\text{ s} = 84\text{ s}$

3. $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{600 \times 10^3}{84} = 7143\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Exercice 2. Propagation d'une houle

1. l'onde est périodique de période spatiale $\lambda = 20\text{ m}$ par mesure sur le graphique

2. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{20}{10} = 2\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Exercice 3. Exploiter la double périodicité

1. Par lecture graphique, on trouve une période $2T = 100\text{ ms}$ et une longueur d'onde de $T = \frac{100\text{ ms}}{2} = 50\text{ ms}$

$4\lambda = 600$
 $\lambda = \frac{600}{4} = 150\text{ m}$

2. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{50 \times 10^3}{150} = 3000\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3.

rad STATISTIQUES		
Données	Histogramme	Boîte
3100		1
2990		1
3050		1
2995		1
2999		1
3005		1
2998		1
3000		1

rad STATISTIQUES		
Données	Histogramme	Boîte
V1/N1		
Effectif total	$\sum n$	8
Minimum	Min	2990
Maximum	Max	3100
Etendue	E	110
Moyenne	\bar{x}	3017.125
Ecart type	σ	35.89721
Variance	var	1288.609
Premier quartile	Q1	2995

rad STATISTIQUES		
Données	Histogramme	Boîte
Ecart type	σ	35.89721
Variance	var	1288.609
Premier quartile	Q1	2995
Troisième quartile	Q3	3005
Médiane	Med	2999.5
Ecart interquartile	EI	10
Somme	$\sum x$	24137
Somme des carrés	$\sum x^2$	7.283466e7
Ecart type échantillon	s	38.37573

En entrant les valeurs dans la calculatrice, on lit une vitesse moyenne de $3\,017 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et un écart type échantillon de

$$\sigma_{n-1}=38 \quad \text{soit une incertitude de } U(v)=k \cdot u(x)=\frac{k \times \sigma_{n-1}}{\sqrt{N}}=\frac{2 \times 38}{\sqrt{8}}=27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{moy}} - U(v) < v < v_{\text{moy}} + U(v)$$

4. $3017 - 27 < v < 3017 + 27$
 $2990 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} < v < 3044 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Exercice 4. Célérité d'une onde ultrasonore

1. par lecture graphique, On mesure $T = 5 \text{ carreaux} \times 5 \mu\text{s} = 25 \mu\text{s}$.

2. Dans le texte, on nous dit que $8,5 \text{ cm}$ correspond à 10 retours en phase soit 10λ , donc
 $10 \lambda = 8,5 \text{ cm}$

$$\lambda = 8,5 \frac{\text{cm}}{10} = 0,85 \text{ cm}$$

3. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,85 \times 10^{-2}}{25 \times 10^{-6}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$\frac{U(v)}{v} = \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(T)}{T}\right)^2}$$

4. $\frac{U(v)}{v} = \sqrt{\left(\frac{0,02 \times 10^{-3}}{0,85 \times 10^{-2}}\right)^2 + \left(\frac{5}{25}\right)^2} = 0,2$

soit $U(v) = v \times 0,2 = 68 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$v_{\text{moy}} - U(v) < v < v_{\text{moy}} + U(v)$$

5. $340 - 68 < v < 340 + 68$
 $272 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} < v < 408 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Exercice 5. Compression sur un ressort

Exercice 6. Le télémètre à pointeur laser

2/3

$$v - u(v) \leq v \leq v + u(v)$$

$$272 \text{ m/s} \leq v \leq 408 \text{ m/s}$$

Exercice 5

1) par lecture graphique, l'amplitude $A = 10 \text{ cm}$, $T = 0,5 \text{ s}$ et $\phi = 2\pi$ donc les bonnes réponses sont donc A et E

2) a)

t	0	0,1	0,2	0,3	0,4
x(cm)	0	-9,5	-5,89	5,9	9,5

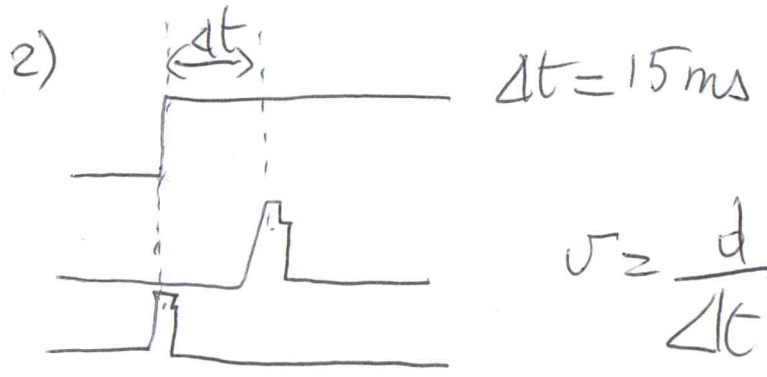
b) par lecture graphique, on retrouve ces valeurs

c) $T = 0,5 \text{ s}$; $A = 10 \text{ cm}$; $\lambda = 19 \text{ cm}$.

d) $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{19 \times 10^{-2}}{0,5} = 0,38 \text{ m/s}$

Exercice 6

1) pour le signal Rouge marque le début de l'émission des salves ultrasonores
 Pour les signaux vert et bleu, marquent l'envoi de salves successives de ultrasons



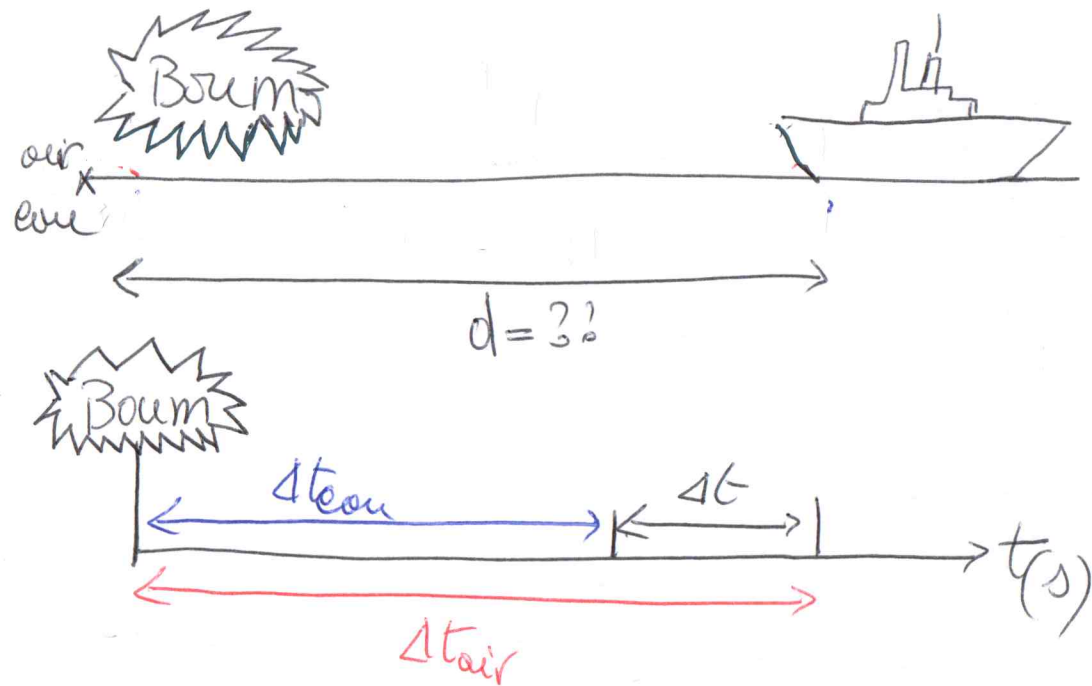
$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{5,1}{15 \times 10^{-3}} = 340 \text{ m/s}$$

le télémètre utilise les ultrasons, car il faut mesurer une durée donc une différence de temps.

3) le laser marque le début des émissions de salves

Exercice 7

3/3



le son se déplace \oplus vite dans l'eau que dans l'air. le retard Δt_{eau} sera donc \oplus court que celui de l'air

$$\Delta t_{\text{eau}} = \frac{d}{v_{\text{eau}}} \quad \text{et} \quad \Delta t_{\text{air}} = \frac{d}{v_{\text{air}}}$$

$$\Delta t = \Delta t_{\text{air}} - \Delta t_{\text{eau}} = \frac{d}{v_{\text{air}}} - \frac{d}{v_{\text{eau}}}$$

$$\Delta t = \frac{d}{v_{\text{air}}} - \frac{d}{v_{\text{eau}}}$$

$$\Delta t = d \left(\frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{eau}}} \right)$$

$$d = \frac{\Delta t}{\frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{eau}}}} = 7362 \text{ m}$$