

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h56

EXERCICE 2 : 11 points

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui

Ancienne annale adaptée au nouveau programme. La numérotation des questions du sujet d'origine a été conservée.

EXERCICE 2 : Mesurer la profondeur de l'eau

1. Sondage à main

1.1.

1.1.1.

Bilan des forces extérieures qui s'exercent sur le lest :

- Le poids $\vec{P}$
- La tension de la corde $\vec{T}$

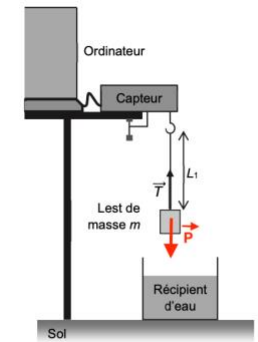


Figure 1. Schéma du dispositif expérimental

1.1.2.

Système {le lest}

Référentiel terrestre supposé galiléen

Le système est immobile : d'après la première loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

$$\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$$

$$\vec{T} = -\vec{P}$$

Le signe moins indique que les deux forces ont des sens opposés. Les deux forces ont la même direction et la même valeur.

$$T = P$$

$$T = mg$$

$$T = 100 \times 10^{-3} \times 9,81$$

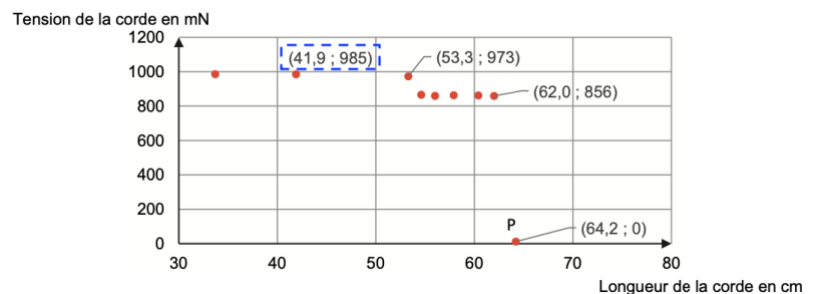
$$T = 9,81 \times 10^{-1} \text{ N}$$

$$T = 981 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$T = 981 \text{ mN}$$

La valeur des tensions hors de l'eau relevées lors de la première mesure est $T=985 \text{ mN}$.

Ainsi, la valeur mesurée par le capteur lors de cette première mesure est cohérente avec ce résultat.



1.1.3.

Lorsque le lest touche la surface de l'eau, la poussée d'Archimède s'ajoute au bilan des forces extérieures.

Le système étant toujours à l'équilibre, d'après la première loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

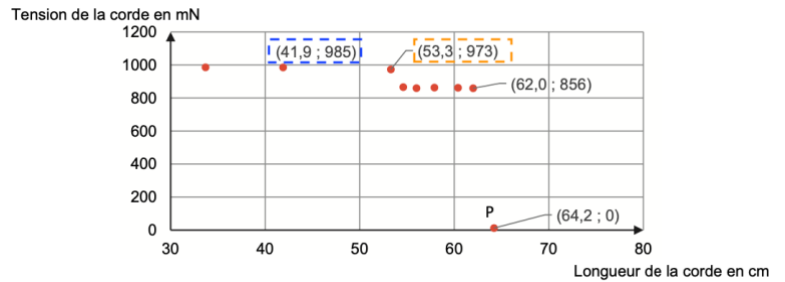
$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_A = \vec{0}$$

$$\vec{T} = -\vec{P} - \vec{F}_A$$

Le poids restant inchangé, la valeur de la tension est modifiée lorsque le lest touche l'eau.

La valeur de la tension passe de 985N à 973N pour 53,3 cm.

Ainsi, la valeur de la longueur de la corde pour laquelle le lest touche la surface de l'eau est de 53,3 cm.



1.2. Étude du système dans l'eau

1.2.1.

La nouvelle force le lest est maintenant soumis est la poussée d'Archimède $\vec{F}_A$.

1.2.2.

Une fois dans l'eau la tension prend pour valeur 856mN.

Système {le lest}

Référentiel terrestre supposé galiléen

Le système étant à l'équilibre, d'après la première loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_A = \vec{0}$$

Projetons sur un axe z ascendant :

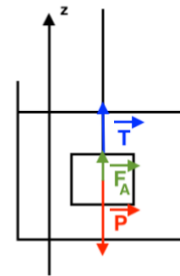
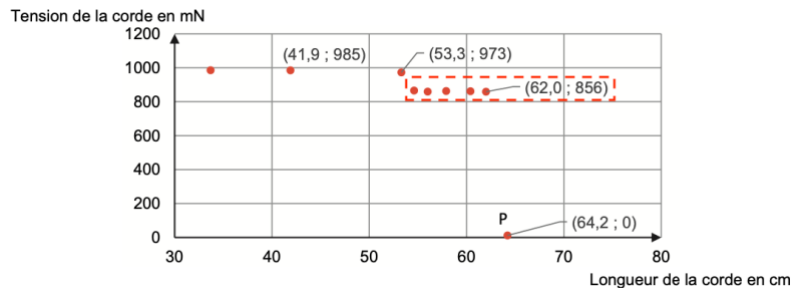
$$-P + T + F_A = 0$$

$$F_A = P - T$$

$$F_A = mg - T$$

$$F_A = 100 \times 10^{-3} \times 9,81 - 856 \times 10^{-3}$$

$$F_A = 1,25 \times 10^{-1} \text{ N}$$



Déterminons la valeur du volume du lest :

$$F_A = \rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}} \times g$$

$$\rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}} \times g = F_A$$

$$V_{\text{immergé}} = \frac{F_A}{\rho_{\text{fluide}} \times g}$$

$$V_{\text{immergé}} = \frac{1,25 \times 10^{-1}}{1,00 \times 10^3 \times 9,81}$$

$$V_{\text{immergé}} = 1,27 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Déterminons la valeur de la masse volumique du lest :

$$\rho_{\text{lest}} = \frac{m}{V_{\text{lest}}}$$

$$\rho_{\text{lest}} = \frac{100 \times 10^{-3}}{1,27 \times 10^{-5}}$$

$$\rho_{\text{lest}} = 7,87 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$$

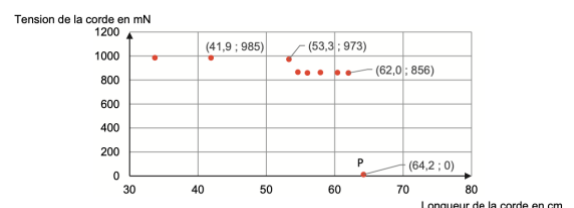
La masse volumique du lest est différente de celle du plomb $\rho_{\text{plomb}} = 1,14 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$.

Ainsi, le lest n'est pas entièrement constitué de plomb.

1.2.3.

Au point p : la tension $T=0\text{N}$. la corde ne tire plus sur le lest.

La situation représentée par le point P présent sur la figure 2 est le moment où le lest touche le fond.



1.2.4.

La profondeur h de l'eau est définie par :

$$h = L_{\text{cable au fond}} - L_{\text{cable qui touche l'eau}}$$

$$h = 64,2 - 53,3$$

$$h = 10,9 \text{ cm}$$

2. Sondage avec un sonar

2.1.

Mesurons les distances entre les points A B et C et R_1 que de R_2 .

Le point A est plus proche de R_1 que de R_2 . Le signal sera reçu en R_1 avant R_2 : Simulation 2.

Le point B est à égale distance de R_1 que de R_2 . Le signal sera reçu au même moment en R_1 et R_2 : Simulation 1.

Le point C est plus proche de R_2 que de R_1 . Le signal sera reçu en R_2 avant R_1 : Simulation 3.

2.2.

$$\sin \alpha = \frac{\text{opposé}}{\text{hypoténuse}} = \frac{h}{EB}$$

$$\sin \alpha \times EB = h$$

$$h = \sin \alpha \times EB$$

$$v = \frac{d_{\text{parcourue}}}{\Delta t}$$

La distance parcourue par le signal est l'aller et retour soit

$$d_{\text{parcourue}} = 2 EB.$$

$$v = \frac{2 EB}{\Delta t}$$

$$\frac{2 EB}{\Delta t} = v$$

$$EB = \frac{v \times \Delta t}{2}$$

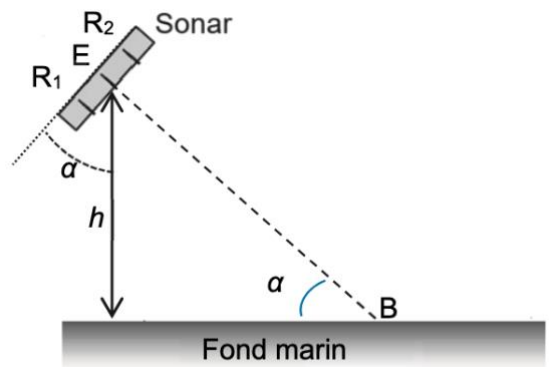


Figure 3. Géométrie du dispositif

Ainsi,

$$h = \sin \alpha \times \frac{v \times \Delta t}{2}$$

$$h = \sin 30 \times \frac{1,53 \times 10^3 \times 27,7 \times 10^{-3}}{2}$$

$$h = 10,6 \text{ m}$$

La valeur de la profondeur h du fond de l'eau sous le sonar est de 10,6 m.

3. Sondage avec LIDAR (Light Detection And Ranging)

3.1. Étude des ondes électromagnétiques employées

3.1.1.

$$\lambda = 1,064 \mu\text{m}$$

$$\lambda = 1,064 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 1064 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda = 1064 \text{ nm}$$

λ est supérieur à 800 nm : ces ondes sont situées dans le domaine du spectre électromagnétique des infrarouges.

3.1.2.

$\lambda = 1,064 \mu\text{m}$, l'absorption dans l'eau est de 26% par cm parcourue. Il ne restera plus rien du signal à la réception.

Ainsi, le rayonnement électromagnétique produit par le LASER n'est pas approprié pour détecter le fond marin.

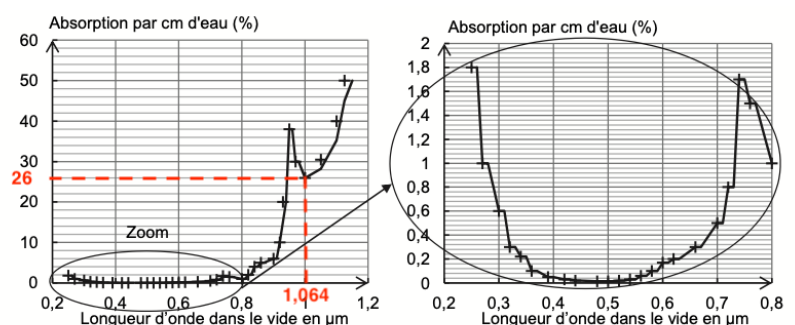


Figure 5. Absorption par cm d'eau en fonction de la longueur d'onde dans le vide
d'après les travaux de F. Sogandares, E. Fry et R. Pope, Optics

3.1.3.

$\lambda = \frac{c}{f}$: la longueur d'onde est inversement proportionnelle à la fréquence.

En doublant la fréquence, la longueur d'onde est divisée par 2 :

$$\lambda' = \frac{\lambda}{2} = \frac{1,064}{2} = 0,532 \mu m$$

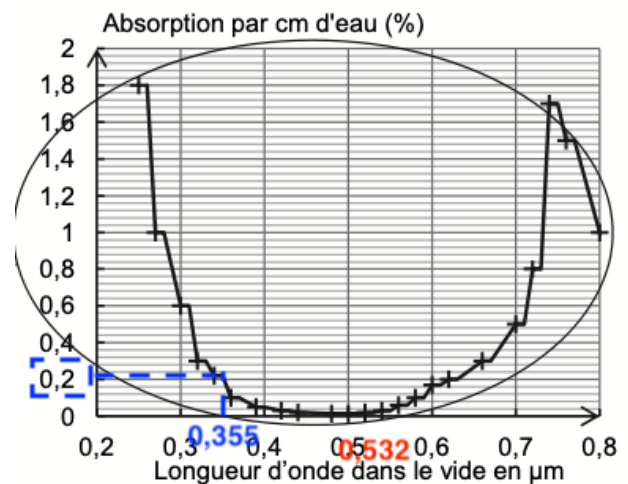
L'absorption dans l'eau est de 0 % par cm parcourue.

En triplant la fréquence, la longueur d'onde est divisée par 3 :

$$\lambda'' = \frac{\lambda}{3} = \frac{1,064}{3} = 0,355 \mu m$$

L'absorption dans l'eau est de 0,2 % par cm parcourue.

Ainsi, s'il est plus approprié de doubler la fréquence du rayonnement émis par le LASER pour détecter le fond marin.



3.2.

Le premier écho reçu correspond à la réflexion au niveau de la surface de l'eau.

La vitesse de l'onde est celle de la vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

$$c = \frac{d_{\text{parcourue}}}{\Delta t}$$

La distance parcourue par le signal est l'aller et retour soit $d_{\text{parcourue}} = 2 h_{\text{hauteur de vol}}$.

$$c = \frac{2 h_{\text{hauteur de vol}}}{\Delta t_1}$$

$$\frac{2 h_{\text{hauteur de vol}}}{\Delta t_1} = c$$

$$h_{\text{hauteur de vol}} = \frac{c \times \Delta t_1}{2}$$

$$h_{\text{hauteur de vol}} = \frac{3,00 \times 10^8 \times 2,67 \times 10^{-6}}{2}$$

$$h_{\text{hauteur de vol}} = 414 \text{ m}$$

Le deuxième écho reçu correspond à la réflexion au niveau de la surface du sol sous l'eau.

Le temps passé par l'onde dans l'eau est : $\Delta t_{\text{eau}} = \Delta t_2 - \Delta t_1$.

La vitesse de l'onde est celle de la vitesse de la lumière dans l'eau $c_{\text{eau}} = 2,26 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

$$c_{\text{eau}} = \frac{d_{\text{parcourue}}}{\Delta t}$$

La distance parcourue par le signal est l'aller et retour soit $d_{\text{parcourue}} = 2 p_{\text{profondeur}}$.

$$c_{\text{eau}} = \frac{2 p_{\text{profondeur}}}{\Delta t_{\text{eau}}}$$

$$\frac{2 p_{\text{profondeur}}}{\Delta t_{\text{eau}}} = c_{\text{eau}}$$

$$p_{\text{profondeur}} = \frac{c_{\text{eau}} \times \Delta t_{\text{eau}}}{2}$$

$$p_{\text{profondeur}} = \frac{c_{\text{eau}} \times (\Delta t_2 - \Delta t_1)}{2}$$

$$p_{\text{profondeur}} = \frac{3,00 \times 10^8 \times (3,04 \times 10^{-6} - 2,67 \times 10^{-6})}{2}$$

$$p_{\text{profondeur}} = 41,8 \text{ m}$$