Télémètre à ultrasons
(Bac Spécialité Physique-Chimie - Asie - mars 2022)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

A. Principe de la mesure de distance avec le télémètre

1. $v_S = \dfrac{\text{distance parcourue}}{\Delta t} = \dfrac{2x}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad x = \dfrac{v_S \Delta t}{2}$

2. Le calcul de la distance x se fait à la ligne 12 : `x.append(v*t_telemetre[i]*1e-6 / 2)`

`t_telemetre` correspond à un nombre de µs. Si on le multiplie par 10^{-6}, on obtient un nombre de s.
x, qui est égal à `v*t_telemetre[i]*1e-6 / 2` s'exprime donc en $m.s^{-1} \times s$, c'est-à-dire en m.

Ces deux résultats sont confirmés dans les commentaires à la fin des lignes 12 et 5.

3. On place un objet à une distance x' connue de l'émetteur (par ex. 20,0 cm).
Puis on mesure la durée Δt' mise par les ultrasons pour effectuer l'aller-retour.
On en déduit la célérité des ultrasons : $v = \dfrac{2x'}{\Delta t'}$
Afin de réduire l'incertitude-type, on peut effectuer plusieurs mesures successives et faire la moyenne.

4. $\overline{v}_S = \dfrac{349+352+348+347+351}{5} = 349{,}4 \text{ m.s}^{-1}$

$u(v_S) = \dfrac{\sigma}{\sqrt{n}} = \dfrac{2{,}07}{\sqrt{5}} = 0{,}93 \text{ m.s}^{-1}$

Avec les valeurs obtenues, on écrira donc[1] : $v_S = (349{,}40 \pm 0{,}93) \text{ m.s}^{-1}$

ou, en ne gardant qu'un chiffre significatif pour l'incertitude-type, $v_S = (349{,}4 \pm 0{,}9) \text{ m.s}^{-1}$

5. À la ligne 6, il faudrait écrire : `v = 349.4     #  vitesse des ultrasons, en m/s`

6. $x = \dfrac{v_S \Delta t}{2} = \dfrac{349{,}4 \times 3438 \times 10^{-6}}{2} = 0{,}6006186 \text{ m}$

---

[1] Conformément aux préconisations du rapport "Mesure et incertitudes" (version 2021), p.34-35, sur le site Éduscol : https://eduscol.education.fr/document/7067/download

$$u(x) = x \times \sqrt{\left(\frac{u(v_S)}{v_S}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2} = 0{,}6006186 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}93}{349{,}40}\right)^2 + \left(\frac{10}{3438}\right)^2} = 2{,}4\times10^{-3}\ \text{m}$$

Avec les valeurs obtenues, on écrira donc[1] : $v_S = (0{,}6006 \pm 0{,}0024)$ m

B. Estimation de la valeur d'une force de frottement

7. Le centre de masse du système a un mouvement rectiligne le long de l'axe (Ox), et accéléré dans le sens des x décroissants.

$\Rightarrow$ $\vec{a}_G$ est dirigé selon l'axe (Ox), dans le sens des x décroissants.

8. Dans un référentiel galiléen, si la masse m du système étudié est constante, alors $\Sigma\,\vec{F}_{ext} = m\,\vec{a}_G$

9. D'après la 2ème loi de Newton, $\Sigma\,\vec{F}_{ext} = m\,\vec{a}_G$

car le référentiel d'étude est considéré galiléen et la masse du système est constante.

$\Rightarrow$ $\vec{F} = m\vec{a}_G$

On en déduit les caractéristiques de $\vec{F}$:

direction : la même que celle de $\vec{a}_G$, donc la droite (Ox)

sens : celle de $\vec{a}_G$ (car m > 0), donc dans le sens des x décroissants

valeur : $F = ma_G$

10.

- $\vec{F} = m\vec{a}_G \Rightarrow \vec{a}_G = \frac{1}{m}\times\vec{F}$

  En projetant cette relation sur l'axe (Oy), on obtient :

  $a_x = \frac{1}{m}\times F_x$

  soit : $a_x = -\frac{F}{m}$ (car $\vec{F}$ est selon (Ox), dans le sens des x décroissants, donc $F_x = -F$)

- $a_x = \frac{dv_x}{dt} \Rightarrow v_x = -\frac{F}{m}\,t + C_1$, où C_1 est une constante

  Or $v_x(t = 0s) = C_1$ et $v_x(t = 0s) = 0 \Rightarrow C_1 = 0$

  Ainsi, $v_x = -\frac{F}{m}\,t$

- $v_x = \frac{dx}{dt} \Rightarrow x = -\frac{F}{2m}\,t^2 + C_2$, où C_2 est une constante

  Or $x(t = 0s) = C_2$ et $x(t = 0s) = x_0 \Rightarrow C_2 = x_0$

Finalement, $x(t) = -\dfrac{F}{2m} t^2 + x_0$

11. et 12.

Théoriquement, $x(t) = -\dfrac{F}{2m} t^2 + x_0$

Expérimentalement, $x(t) = kt^2 + c$

C'est donc cohérent si $k = -\dfrac{F}{2m}$ *(4)* et si $c = x_0$

$x_0 = 56{,}0$ cm
$c = 0{,}558$ m $= 55{,}8$ cm
Les deux valeurs sont très proches, donc la valeur obtenue pour c est cohérente avec les données du problème.

D'après la relation (4), $k = -\dfrac{F}{2m}$.

Or d'après la relation (3), $F = mg\sin\alpha - f$

$\Rightarrow\ k = \dfrac{f - mg\sin\alpha}{2m} \ \Rightarrow\ 2mk = f - mg\sin\alpha \ \Rightarrow\ f = 2mk + mg\sin\alpha$

$\Rightarrow\ f = m\,(2k + g\sin\alpha) = 0{,}103\times(2\times(-1{,}84) + 9{,}81\times\sin 40°) = 0{,}27$ N

13. D'après le théorème de l'énergie cinétique appliqué entre A et B,
$E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}_N) + W_{AB}(\vec{f})$

Or $W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}_N) + W_{AB}(\vec{f}) = \vec{P}\cdot\overrightarrow{AB} + \vec{R}_N\cdot\overrightarrow{AB} + \vec{f}\cdot\overrightarrow{AB}$

$$= (\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f})\cdot\overrightarrow{AB}$$
$$= \vec{F}\cdot\overrightarrow{AB}$$
$$= W_{AB}(\vec{F})$$

On obtient donc : $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{F})$

14. $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\overrightarrow{AB} = Fd = (mg\sin\alpha - f)\times d$
car $\vec{F}$ est une force constante, colinéaire et de même sens que $\overrightarrow{AB}$

15. $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{F})$
Or $E_c(B) = \dfrac{1}{2} m v_B^2$
$E_c(A) = 0$ J car la bille est lâchée en A sans vitesse initiale
$W_{AB}(\vec{F}) = (mg\sin\alpha - f)\times d$

On obtient donc :

$$\frac{1}{2}\,m\,v_B^2 = mgd\sin\alpha - fd$$

$$\Rightarrow \quad fd = mgd\sin\alpha - \frac{1}{2}\,m\,v_B^2$$

$$\Rightarrow \quad f = mg\sin\alpha - \frac{mv_B^2}{2d}$$

$$\Rightarrow \quad f = mg\sin\alpha - \frac{mv_B^2}{2\times(x_A - x_B)} = 0{,}103\times9{,}81\times\sin 40° - \frac{0{,}103\times1{,}21^2}{2\times(56{,}0-35{,}0)\times10^{-2}} = 0{,}29\ \text{N}$$