

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h56

EXERCICE 1 : 11 points

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui « type collège »

EXERCICE 1 : Sécurité incendie

1. La sirène d'alarme incendie

Q1.

$$2T_2 = 1,247 - 1,2414$$

$$2T_2 = 5,60 \times 10^{-3}$$

$$T_2 = \frac{5,60 \times 10^{-3}}{2}$$

$$T_2 = 2,80 \times 10^{-3} \text{ s}$$

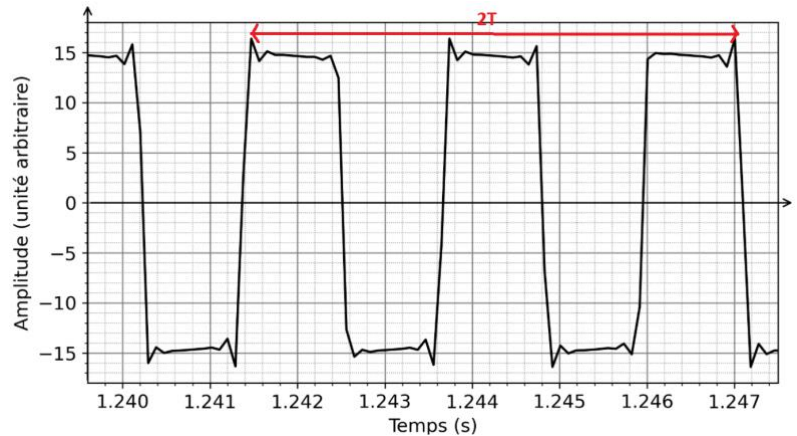
La fréquence est définie par :

$$f_2 = \frac{1}{T_2}$$

$$f_2 = \frac{1}{2,80 \times 10^{-3}}$$

$$f_2 = 357 \text{ Hz}$$

$f_2 < f_1$: le son n°2 est plus grave que le son n°1.



Q2.

$$A_{\text{géo}} = L_M - L_N$$

$$A_{\text{géo}} = 92 - 67$$

$$A_{\text{géo}} = 25 \text{ dB}$$

Q3.

$$L_2 = L_1 - 20 \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

$$L = L'_M - 20 \log\left(\frac{d}{d_M}\right)$$

$$L = 112 \text{ dB}$$

Classe de la sirène	A	B	C	D
Niveau d'intensité sonore mesuré à 2,0 m	< 90 dB	de 90 dB à 105 dB	de 105 dB à 115 dB	> 115 dB

Figure 4. Niveau d'intensité sonore du son émis par une sirène selon sa classe

D'après la figure 4, la sirène est de classe C.

2. Le sprinkler, un dispositif d'extinction automatique

Q4.

Le transfert thermique se fait du corps chaud vers le corps froid.

Le sprinkler a une température $\theta_0 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

Le courant d'air chaud de température à une température $\theta_{\text{ext}} = 54 \text{ }^\circ\text{C}$

Ainsi, le transfert thermique se fait de l'air vers le sprinkler.

Q5.

$$\Delta U = Q + W$$

$$\text{Or } W = 0$$

Donc

$$\Delta U = Q$$

$$\text{Or } \Delta U = C \times \Delta \theta$$

$$Q = \Delta U$$

$$Q = C \times \Delta \theta$$

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Or

$$\phi = \epsilon \times S \times \sqrt{v} \times (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

et

$$Q = C \times \Delta \theta$$

$$\epsilon \times S \times \sqrt{v} \times (\theta_{\text{ext}} - \theta(t)) = \frac{C \times \Delta \theta}{\Delta t}$$

$$\frac{C \times \Delta \theta}{\Delta t} = \epsilon \times S \times \sqrt{v} \times (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{\epsilon \times S \times \sqrt{v}}{C} \times (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

Q6.

$$\theta(t) = \theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Dérivons $\theta(t)$:

$$\frac{d\theta}{dt} = (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \times \frac{-1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Remplaçons les dans l'équation :

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau} \theta(t) + \frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau}$$

$$(\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \times \frac{-1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{1}{\tau} \times \left(\theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \right) + \frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau}$$

$$-\frac{(\theta_0 - \theta_{\text{ext}})}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau} - \frac{(\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}{\tau} + \frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau}$$

$$-\frac{(\theta_0 - \theta_{\text{ext}})}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{(\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}{\tau} = -\frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau} + \frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau}$$

$$0 = -\frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau} + \frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau}$$

$$\frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau} = \frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau}$$

La fonction $\theta(t) = \theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ est bien solution de l'équation différentielle.

Q7.

$$\theta(t = \tau) = \theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}}$$

$$\theta(t = \tau) = 54 + (22 - 54) \cdot e^{-1}$$

$$\theta(t = \tau) = 42 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Q8.

À la date $t = \tau$, $\theta(t = \tau) = 42^\circ\text{C}$.
Lisons le temps pour $\theta = 42^\circ\text{C}$ et
déduisons τ . Graphiquement $\tau = 40\text{s}$.

Q9.

$$\tau = \frac{R_{TI}}{\sqrt{v}}$$

$$\frac{R_{TI}}{\sqrt{v}} = \tau$$

$$R_{TI} = \tau \times \sqrt{v}$$

$$R_{TI} = 42 \times \sqrt{5,0}$$

$$R_{TI} = 94 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{s}^{1/2}$$

Q10.

$$\theta(t) = \theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \theta(t)$$

$$(\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \theta(t) - \theta_{\text{ext}}$$

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{\theta(t) - \theta_{\text{ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{ext}}}$$

$$\ln\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_{\text{ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{ext}}}\right)$$

$$-\frac{t}{\tau} = \ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_{\text{ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{ext}}}\right)$$

$$t = -\tau \times \ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_{\text{ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{ext}}}\right)$$

$$t_{\text{rupt}} = -\tau \times \ln\left(\frac{\theta_{\text{rupt}} - \theta_{\text{ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{ext}}}\right)$$

Or

$$\tau = \frac{R_{TI}}{\sqrt{v}}$$

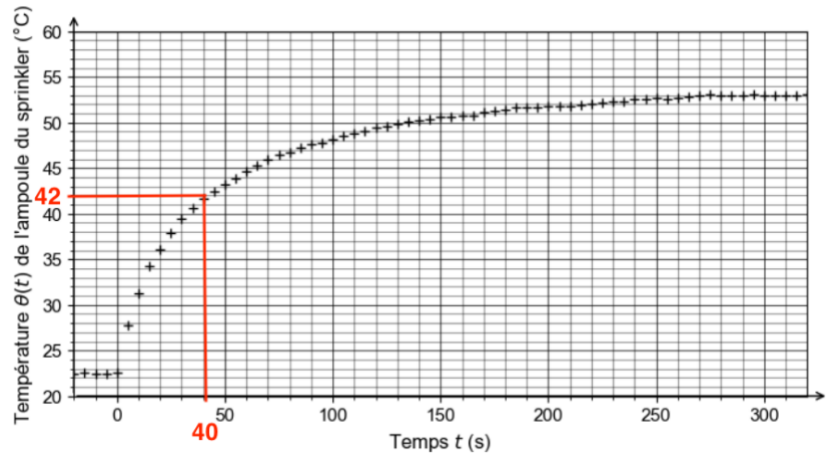
D'où

$$t_{\text{rupt}} = -\frac{R_{TI}}{\sqrt{v}} \times \ln\left(\frac{\theta_{\text{rupt}} - \theta_{\text{ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{ext}}}\right)$$

$$t_{\text{rupt}} = -\frac{90}{\sqrt{3,0}} \times \ln\left(\frac{68 - 200}{15 - 200}\right)$$

$$t_{\text{rupt}} = 18 \text{ s}$$

Le sprinkler se déclenche 18 secondes après l'arrivée des fumées chaudes à son contact.



3. La lance à incendie

Q11.

Conservation du débit volumique :

$$D_V = S_A \times v_A$$

$$S_A \times v_A = D_V$$

$$v_A = \frac{D_V}{S_A}$$

$$v_A = \frac{500 \times 10^{-3} / 60}{1,6 \times 10^{-3}}$$

$$v_A = 5,2 \text{ m.s}^{-1}$$

Q12.

$$\frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + \rho \times g \times z_A + P_A = \frac{1}{2} \times \rho \times v_B^2 + \rho \times g \times z_B + P_B$$

$$\frac{1}{2} \times \rho \times v_B^2 + \rho \times g \times z_B + P_B = \frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + \rho \times g \times z_A + P_A$$

$$\frac{1}{2} \times \rho \times v_B^2 = \frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + \rho \times g \times z_A - \rho \times g \times z_B + P_A - P_B$$

$$\text{Or } z_A = z_B$$

$$\frac{1}{2} \times \rho \times v_B^2 = \frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + P_A - P_B$$

$$v_B^2 = \frac{2}{\rho} \times \left(\frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + P_A - P_B \right)$$

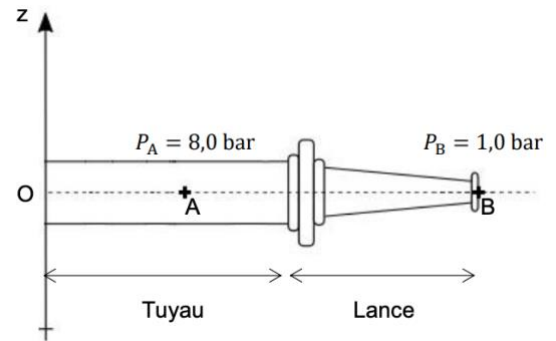
$$v_B^2 = \frac{2}{\rho} \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + \frac{2}{\rho} \times (P_A - P_B)$$

$$v_B^2 = v_A^2 + \frac{2}{\rho} \times (P_A - P_B)$$

$$v_B = \sqrt{v_A^2 + \frac{2}{\rho} \times (P_A - P_B)}$$

$$v_B = \sqrt{5,2^2 + \frac{2}{1000} \times (8,0 \times 10^5 - 1,0 \times 10^5)}$$

$$v_B = 38 \text{ m.s}^{-1}$$



Q13.

Système { goutte d'eau }

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \vec{a}$$

$$\vec{P} = m \vec{a}$$

$$m \vec{g} = m \vec{a}$$

$$\vec{g} = \vec{a}$$

Or

$$\vec{g} \begin{cases} 0 \\ -g \end{cases}$$

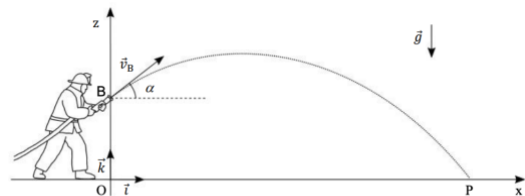


Figure 9. Schéma de la situation

Le vecteur accélération du centre d'inertie du solide est égal au vecteur champ de pesanteur.

$$\vec{a} \begin{cases} a_{x(t)} = 0 \\ a_{z(t)} = -g \end{cases}$$

Q14.

$$\vec{a} \begin{cases} a_{x(t)} = 0 \\ a_{z(t)} = -g \end{cases}$$

Or

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\vec{v} \begin{cases} v_{x(t)} = C_1 \\ v_{z(t)} = -gt + C_2 \end{cases}$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\vec{v}_0$

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_B \begin{cases} v_{Bx} = v_B \cos(\alpha) \\ v_{Bz} = v_B \sin(\alpha) \end{cases}$$

D'où

$$\vec{v} \begin{cases} v_{x(t)} = v_B \cos(\alpha) \\ v_{z(t)} = -gt + v_B \sin(\alpha) \end{cases}$$

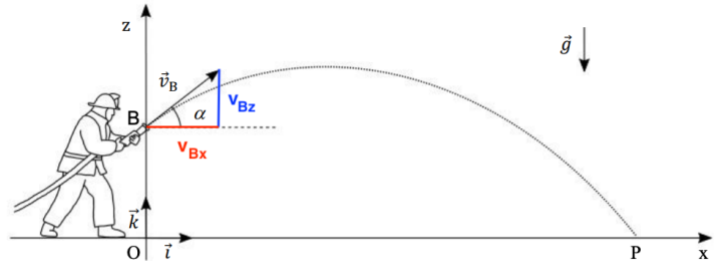


Figure 9. Schéma de la situation

Or

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\vec{OG} \begin{cases} x(t) = v_B \cos(\alpha) \times t + C_3 \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_B \sin(\alpha) \times t + C_4 \end{cases}$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\vec{OG}_0$

$$\vec{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ z_0 = z_B \end{cases}$$

d'où

$$\vec{OG} \begin{cases} x(t) = v_B \cos(\alpha) \times t \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_B \sin(\alpha) \times t + z_B \end{cases}$$

Q15.

$$z(x) = -6,72 \times 10^{-3} \times x^2 + 0,990 \times x + 1,30$$

Calculons la portée du tir : $x_{\max}$ pour lequel la goutte touche le sol $z=0$

$$z(x_{\max}) = -6,72 \times 10^{-3} \times x_{\max}^2 + 0,990 \times x_{\max} + 1,30$$

$$0 = -6,72 \times 10^{-3} \times x_{\max}^2 + 0,990 \times x_{\max} + 1,30$$

C'est une équation du second degré :

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$\Delta = (0,990)^2 - 4 \times -6,72 \times 10^{-3} \times 1,30$$

$$\Delta = 1,02$$

$$x_{\max 1} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x_{\max 1} = \frac{-(0,990) + \sqrt{1,02}}{2 \times -6,72 \times 10^{-3}}$$

$$x_{\max 1} = -1,48 \text{ m}$$

Or x est positif

$$x_{\max 2} = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x_{\max 2} = \frac{-(0,990) - \sqrt{1,02}}{2 \times -6,72 \times 10^{-3}}$$

$$x_{\max 2} = 149 \text{ m}$$

On garde la valeur positive de $x_{\max}$ soit 149m.

La valeur fournie dans la documentation donnée dans la figure 7 est de 40m.

Lors de notre modélisation, nous avons négligé les forces de frottements. C'est ce qui explique l'écart observé avec la valeur fournie dans la documentation donnée dans la figure 7.

Débit volumique maximal	500 L·min ⁻¹ (réglable par bague tournante)
Portée maximale	40 m pour une pression d'entrée de 8 bar
Masse	1,9 kg
Matériaux	aluminium anodisé, nylon, caoutchouc

Figure 7. Caractéristiques de la lance à mains EFE-EUROJET-500 (d'après <https://www.motopompe-incendie.com>)