

CLASSE : Terminale
VOIE : ☒ Générale
DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45

EXERCICE 1 : 11 points
ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE
CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui « type collège »

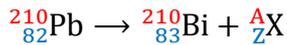
EXERCICE 1 Autour de la glace

Q1.

D'après le diagramme (Z,N) de la figure 1, le plomb-210 subit une désintégration β^- .

Q2.

Le plomb-210 subit une désintégration amenant à la formation du bismuth-210 :



Pour trouver A et Z on utilise les lois de Soddy :

Conservation du nombre de nucléons :

$$210 = 210 + A$$

$$210 + A = 210$$

$$A = 210 - 210$$

$$A = 0$$

Conservation du nombre de charge :

$$82 = 83 + Z$$

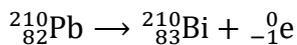
$$83 + Z = 82$$

$$Z = 82 - 83$$

$$Z = -1$$

$$\text{Ainsi } {}_Z^AX = {}_{-1}^0e$$

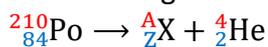
Le plomb-210 subit une désintégration amenant à la formation du bismuth-210 :



Il s'agit bien d'une désintégration β^- .

Q3.

D'après le diagramme (Z,N) de la figure 1, le polonium-210 subit une désintégration α .



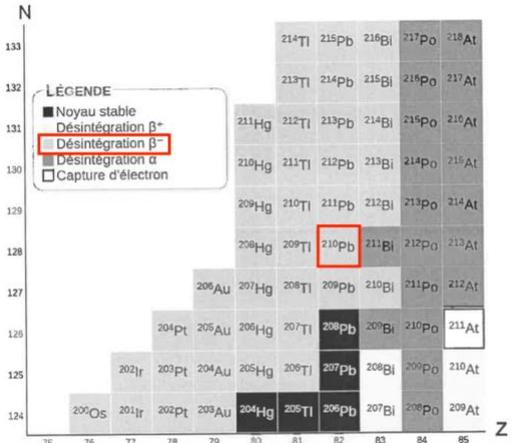
Conservation du nombre de nucléons :

$$210 = A + 4$$

$$A + 4 = 210$$

$$A = 210 - 4$$

$$A = 206$$



Conservation du nombre de charge :

$$84 = Z + 2$$

$$Z + 2 = 84$$

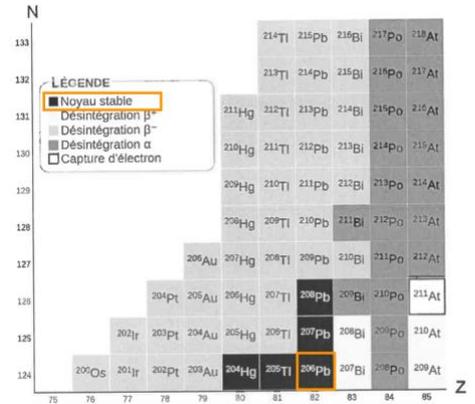
$$Z = 84 - 2$$

$$Z = 82$$

$$\text{Ainsi } {}^A_ZX = {}^{206}_{82}\text{Pb}$$

Le noyau issu de la désintégration α du polonium-210 est le plomb-206. D'après le diagramme (Z,N) de la figure 1, le plomb-206 est un élément stable.

Ainsi, le polonium-210 est le « dernier noyau radioactif » de la chaîne de désintégration du plomb-210.



Q4.

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

Q5.

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

Or

$$A(t) = \lambda \times N(t)$$

D'où

$$\lambda \times N(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

$$\frac{dN(t)}{dt} + \lambda \times N(t) = 0$$

Q6.

Solution de l'équation différentielle :

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

Dérivons $N_{\text{Rb}}(t)$:

$$\frac{dN(t)}{dt} = N_0 \times -\lambda \times e^{-\lambda t}$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \times N_0 \times e^{-\lambda t}$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \times N(t)$$

On retrouve l'équation différentielle :

$$\frac{dN(t)}{dt} + \lambda \times N(t) = 0$$

Ainsi, $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$ est solution de l'équation différentielle.

Q7.

$t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle le nombre de noyau radioactif (ou l'activité) a été divisée par 2.

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

Or

$$N(t_{1/2}) = N_0 \times e^{-\lambda t_{1/2}}$$

Ainsi

$$N_0 \times e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$$

$$e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

$$\ln(e^{-\lambda t_{1/2}}) = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$-\lambda t_{1/2} = -\ln(2)$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Q8.

$$A_{30} = A_0 \times e^{-\lambda \times t_{30}}$$

$$A_0 \times e^{-\lambda \times t_{30}} = A_{30}$$

$$e^{-\lambda \times t_{30}} = \frac{A_{30}}{A_0}$$

$$\ln(e^{-\lambda \times t_{30}}) = \ln\left(\frac{A_{30}}{A_0}\right)$$

$$-\lambda \times t_{30} = \ln\left(\frac{A_{30}}{A_0}\right)$$

Or

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t_{30} = \ln\left(\frac{A_{30}}{A_0}\right)$$

$$t_{30} = -\ln\left(\frac{A_{30}}{A_0}\right) \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$$

$$t_{30} = -\ln\left(\frac{4,72 \times 10^{-3}}{110 \times 10^{-3}}\right) \times \frac{22,2}{\ln 2}$$

$$t_{30} = 100 \text{ ans}$$

La glace présente à 30 m de profondeur s'est formée 100 ans avant son extraction.

Or elle a été extraite en 1993 :

$$1993 - 100 = 1893$$

Ainsi, la glace présente à 30 m de profondeur s'est formée en 1893.

Calculons l'épaisseur moyenne de glace accumulée chaque année sur l'archipel durant cette période.

30 m	100 ans
e	1 an

$$e = \frac{1 \times 30}{100}$$

$$e = 0,30 \text{ m}$$

Ainsi, l'épaisseur moyenne de glace accumulée chaque année sur l'archipel durant cette période est de 0,30 m.

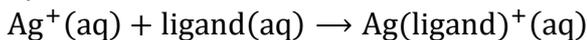
Q9.

La représentation utilisée pour la molécule de ligand représentée sur la figure 2 est une représentation topologique.

Q10.

Famille fonctionnelle du groupe caractéristique A : Halogène (bromo)

Famille fonctionnelle du groupe caractéristique B : amine

Q11.

$$Q_{\text{eq}} = K = \frac{\frac{[\text{Ag}(\text{ligand})^+]_{\text{eq}}}{c^0}}{\frac{[\text{Ag}^+]_{\text{eq}}}{c^0} \times \frac{[\text{ligand}]_{\text{eq}}}{c^0}}$$

$$K = \frac{\frac{[\text{Ag}(\text{ligand})^+]_{\text{eq}}}{c^0}}{\frac{[\text{Ag}^+]_{\text{eq}} \times [\text{ligand}]_{\text{eq}}}{(c^0)^2}}$$

$$K = \frac{[\text{Ag}(\text{ligand})^+]_{\text{eq}}}{c^0} \times \frac{(c^0)^2}{[\text{Ag}^+]_{\text{eq}} \times [\text{ligand}]_{\text{eq}}}$$

$$K = [\text{Ag}(\text{ligand})^+]_{\text{eq}} \times \frac{c^0}{[\text{Ag}^+]_{\text{eq}} \times [\text{ligand}]_{\text{eq}}}$$

$$K = \frac{[\text{Ag}(\text{ligand})^+]_{\text{eq}} \times c^0}{[\text{Ag}^+]_{\text{eq}} \times [\text{ligand}]_{\text{eq}}}$$

Q12.

Q_r est inversement proportionnel à la concentration en ligand.

Si le ligand est en très fort excès Q_r sera très petit, la réaction se produira dans le sens direct et la réaction sera quasi-totale.

Q13.

La couleur absorbée correspond à $\lambda_{\text{max}} = 516 \text{ nm}$ couleur cyan-vert absorbée.

Sa couleur est la couleur complémentaire du cyan-vert (couleur opposée sur la cercle chromatique) : le magenta-rouge.

Ainsi, l'espèce $\text{Ag}(\text{ligand})^+(\text{aq})$ est de couleur magenta-rouge.

Q14.

$$[\text{Ag}^+] = \frac{n_{\text{Ag}^+,i}}{V_{\text{Ag}^+}}$$

$$\frac{n_{\text{Ag}^+,i}}{V_{\text{Ag}^+}} = [\text{Ag}^+]$$

$$n_{\text{Ag}^+,i} = [\text{Ag}^+] \times V_{\text{Ag}^+}$$

$$n_{\text{Ag}^+,i} = 7,4 \times 10^{-6} \times 1,0 \times 10^{-3}$$

$$n_{\text{Ag}^+,i} = 7,4 \times 10^{-9} \text{ mol}$$

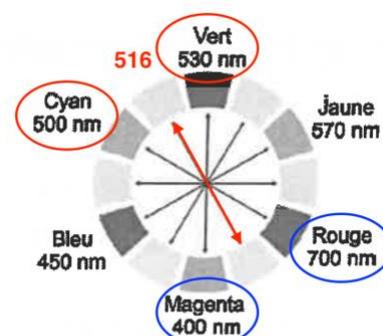


Figure 3. Cercle chromatique.

Q15.

Les ions argent $\text{Ag}^+(\text{aq})$ réagissent et forment les ions $\text{Ag}(\text{ligand})^+(\text{aq})$.

Les ions $\text{Ag}(\text{ligand})^+(\text{aq})$ absorbent à $\lambda_{\text{max}} = 516 \text{ nm}$.

L'absorbance est proportionnelle à la concentration des ions $\text{Ag}(\text{ligand})^+(\text{aq})$.

Lorsque l'ensemble des ions argent $\text{Ag}^+(\text{aq})$ ont réagi, la quantité d'ion $\text{Ag}(\text{ligand})^+(\text{aq})$ n'évolue plus et l'absorbance également.

L'absorbance n'évolue plus pour $V_{\text{tot,L}} = 0,50 \text{ mL}$.

Graphiquement, le volume $V_{\text{tot,L}}$ de solution de ligand versé pour que l'ensemble des ions argent $\text{Ag}^+(\text{aq})$ présents aient réagi en quasi-totalité est $V_{\text{tot,L}} = 0,50 \text{ mL}$.

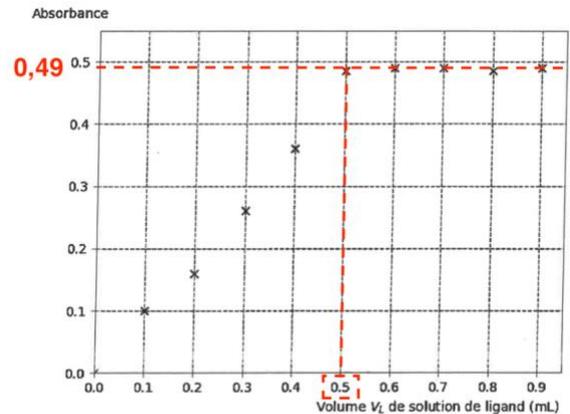


Figure 4. Évolution de l'absorbance de la solution en fonction du volume de solution de ligand introduit.

Calculons la quantité de matière de ligand n_L à introduire :

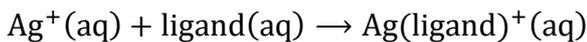
$$c_L = \frac{n_L}{V_{\text{tot,L}}}$$

$$\frac{n_L}{V_{\text{tot,L}}} = c_L$$

$$n_L = c_L \times V_{\text{tot,L}}$$

$$n_L = 1,0 \times 10^{-3} \times 0,5 \times 10^{-3}$$

$$n_L = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

Q16.

Méthode 1 (sans tableau d'avancement) :

$$x_{\text{max } 1} = \frac{n_{\text{Ag}^+,i}}{1}$$

$$x_{\text{max } 1} = \frac{7,4 \times 10^{-9}}{1}$$

$$x_{\text{max } 1} = 7,4 \times 10^{-9} \text{ mol}$$

$$x_{\text{max } 2} = \frac{n_L}{1}$$

$$x_{\text{max } 2} = \frac{5,0 \times 10^{-7}}{1}$$

$$x_{\text{max } 2} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

$$x_{\text{max } 1} \ll x_{\text{max } 2}$$

$$x_{\text{max}} = x_{\text{max } 2} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

Ainsi, le ligand est bien en large excès par rapport aux ions $\text{Ag}^+(\text{aq})$ initialement introduits.

Méthode 2 (avec tableau d'avancement) :

Équation	Ag ⁺ (aq)	+	ligand(aq)	→	Ag(ligand) ⁺ (aq)
État initial	$7,4 \times 10^{-9}$		$5,0 \times 10^{-7}$		0
État intermédiaire	$7,4 \times 10^{-9} - x$		$5,0 \times 10^{-7} - x$		x
État final	$7,4 \times 10^{-9} - x_f$		$5,0 \times 10^{-7} - x_f$		x_f

$$7,4 \times 10^{-9} - x_{\max 1} = 0$$

$$-x_{\max 1} = 7,4 \times 10^{-9}$$

$$x_{\max 1} = 7,4 \times 10^{-9} \text{ mol}$$

$$5,0 \times 10^{-7} - x_{\max 2} = 0$$

$$-x_{\max 2} = -5,0 \times 10^{-7}$$

$$x_{\max 2} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

$$x_{\max 1} \ll x_{\max 2}$$

$$x_{\max} = x_{\max 1} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

Ainsi, le ligand est bien en large excès par rapport aux ions Ag⁺ (aq) initialement introduits.

D'après la question Q12 : si le ligand est en très fort excès la réaction sera quasi-totale. Cette condition est remplie, la réaction sera quasi-totale.

Q17.

Équation	Ag ⁺ (aq)	+	ligand(aq)	→	Ag(ligand) ⁺ (aq)
État initial	$n_{\text{Ag}^+,i} = c_{\text{Ag}^+,i} \times V_{\text{Ag}^+}$		Excès		0
État intermédiaire	$c_{\text{Ag}^+,i} \times V_{\text{Ag}^+} - x$		Excès		x
État final en considérant la réaction totale $x_f = x_{\max}$	$c_{\text{Ag}^+,i} \times V_{\text{Ag}^+} - x_{\max} = 0$		Excès		x_{\max}

Loi de Beer-Lambert :

$$A = K \times [\text{Ag(ligand)}^+]$$

Or

$$[\text{Ag(ligand)}^+] = \frac{n_{\text{Ag(ligand)}^+}}{V_{\text{sol}}}$$

$$A = K \times \frac{n_{\text{Ag(ligand)}^+}}{V_{\text{sol}}}$$

Or

$$n_{\text{Ag(ligand)}^+} = x_{\max}$$

D'ou

$$A = K \times \frac{x_{\max}}{V_{\text{sol}}}$$

Or

$$c_{\text{Ag}^+,i} \times V_{\text{Ag}^+} - x_{\max} = 0$$

$$-x_{\max} = -c_{\text{Ag}^+,i} \times V_{\text{Ag}^+}$$

$$x_{\max} = c_{\text{Ag}^+,i} \times V_{\text{Ag}^+}$$

D'ou

$$A = K \times \frac{c_{\text{Ag}^+,i} \times V_{\text{Ag}^+}}{V_{\text{sol}}}$$

Ainsi, l'absorbance de la solution de l'espèce chimique $\text{Ag}(\text{ligand})^+$ (aq) est proportionnelle à la concentration en quantité de matière en ions argent initialement en solution $c_{\text{Ag},i}$.

Q18.

$$A = 6,5 \times 10^4 \times c$$

$$A_{\max} = 6,5 \times 10^4 \times c_{\max}$$

$$6,5 \times 10^4 \times c_{\max} = A_{\max}$$

$$c_{\max} = \frac{A_{\max}}{6,5 \times 10^4}$$

$$c_{\max} = \frac{0,9}{6,5 \times 10^4}$$

$$c_{\max} = 1,4 \times 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$c_{m,\max} = c_{m,\max} \times M$$

$$c_{m,\max} = 1,4 \times 10^{-5} \times 108$$

$$c_{m,\max} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ g. L}^{-1}$$

$$c_{m,\max} = 1,5 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \text{ g. mL}^{-1}$$

$$c_{m,\max} = 1,5 \times 10^{-6} \text{ g. mL}^{-1}$$

$$c_{m,\max} = 1,5 \text{ } \mu\text{g. mL}^{-1}$$

Ainsi, la valeur maximale de la concentration en masse en ions argent, $c_{m,\max} = 1,5 \text{ } \mu\text{g. mL}^{-1}$, indiquée par les chercheurs est cohérente avec une limite expérimentale de la loi de Beer Lambert $c_{m,\max} = 1,5 \text{ } \mu\text{g. mL}^{-1}$.

Q1. Énoncer la deuxième loi de Newton et l'utiliser pour établir les expressions des coordonnées notées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ du point G selon les axes (Ox) et (Oy).

2^e loi de Newton : la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un système est égale au produit de sa masse par le vecteur accélération de son centre d'inertie.

Système : {le bâton} de masse m

Référentiel : terrestre supposé galiléen

Le bâton n'est soumis qu'à son poids \vec{P} .

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} = m \cdot \vec{a} \quad \text{soit} \quad m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a} \quad \text{donc} \quad \vec{a} = \vec{g}.$$

En projection selon les axes (Ox) et (Oy) du repère choisi il vient :

$$\vec{a}(t) \begin{cases} a_x(t) = g_x = 0 \\ a_y(t) = g_y = -g \end{cases}$$

Q2. Établir les expressions des coordonnées horizontales notée $v_x(t)$ et verticale $v_y(t)$ du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ du point G.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad \text{donc} \quad a_x(t) = \frac{dv_x(t)}{dt} \quad \text{et} \quad a_y(t) = \frac{dv_y(t)}{dt}$$

Ainsi en primitivant on obtient $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = Cte_1 \\ v_y(t) = -g \cdot t + Cte_2 \end{cases}$

On détermine les constantes avec les conditions initiales.

Coordonnées du vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 : $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin(\alpha) \end{cases}$

Compte tenu du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0 = \vec{v}(t=0)$ on a :

$$\begin{aligned} v_0 \cdot \cos(\alpha) &= Cte_1 \\ v_0 \cdot \sin(\alpha) &= 0 + Cte_2 \end{aligned}$$

Finalement : $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_y(t) = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin(\alpha) \end{cases}$

Q3. À partir des expressions des coordonnées de la vitesse $v_x(t)$ et $v_y(t)$ et de la figure 1, établir que les équations horaires du mouvement $x(t)$ et $y(t)$ du point G sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + h \end{cases}$$

À chaque instant $\vec{v} = \frac{d\overline{OG}}{dt}$ donc $v_x(t) = \frac{dx(t)}{dt}$ et $v_y(t) = \frac{dy(t)}{dt}$

En primitivant on obtient $\overline{OG}(t) \begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t + Cte_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + Cte_4 \end{cases}$

Conditions initiales, à $t = 0$ s, le bâton est au point G($t = 0$) de coordonnées ($x(0) = 0$; $y(0) = h$) donc :

$$\begin{aligned} 0 + Cte_3 &= 0 \\ 0 + 0 + Cte_4 &= h \end{aligned}$$

Finalement, on obtient les équations horaires $\overline{OG} \begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + h \end{cases}$

Q4. À l'aide des données et des équations horaires du mouvement, montrer que l'expression de l'équation de la trajectoire $y(x)$, x et y étant exprimés en mètres, s'écrit sous la forme : $y(x) = -0,27 x^2 + 0,58 x + 0,70$

$$t = \frac{x(t)}{v_0 \cdot \cos(\alpha)}$$

$$y(x) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{x}{v_0 \cdot \cos(\alpha)} \right)^2 + v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cdot \cos(\alpha)} + h$$

$$y(x) = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} \cdot x^2 + x \cdot \tan(\alpha) + h$$

$$y(x) = -\frac{9,8}{2 \times 4,9^2 \times \cos^2(30^\circ)} \cdot x^2 + x \cdot \tan(30^\circ) + 0,70$$

$$y(x) = -0,27 x^2 + 0,58 x + 0,70$$

	-9.8
$2 \times 4.9^2 \times \cos^2(30)$	-2.72108844E-1
$\tan(30)$	5.773502692E-1

Dans la question suivante, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Q5. Vérifier que la partie est remportée par le joueur si le lancer est réalisé dans les conditions précisées dans les données précédentes.

Pour gagner le joueur doit faire tomber la quille 9 située à 3,0 m au niveau du sol.

Déterminons l'altitude y du centre d'inertie G du bâton pour cette distance x de 3,0 m.

$$y(3,0) = -0,27 \times 3,0^2 + 0,58 \times 3,0 + 0,70 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ m} = 1,0 \text{ cm.}$$

$-0.27 \times 3^2 + 0.58 \times 3 + 0.7$	1E-2
--	------

Le bâton en étant à 1,0 cm du sol va bien renverser la quille 9 et permettre de remporter la partie.

```
[...]
14   Ecl=[]
15   Epl=[]
16   Eml=[]
17   for i in range(len(tl)) :
18       Ec=0.5*0.4*(vx[i]**2+vy[i]**2)
19       Ecl.append(Ec)
20       Ep=0.4*9.81*y[i]
21       Epl.append(Ep)
22       Em=
23       Eml.append(Em)
[...]
```

Figure 3. Extrait du programme Python permettant de tracer les différentes énergies du bâton de Mølkky en fonction du temps (E_{cl} , E_{pl} , E_{ml} sont exprimées en J ; v_x , v_y sont exprimées en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; y est exprimé en m).

Q6. À partir de la figure 3, déterminer la masse m du bâton de Mølkky. Justifier la réponse.

La ligne 18 donne la formule pour calculer l'énergie cinétique.

$$\text{Or } E_c = 0,5 \cdot m \cdot v^2$$

On en déduit que $m = 0,4 \text{ kg}$.

Q7. Écrire et compléter, sur votre copie, la ligne 22 du programme de la figure 3 qui permet de calculer l'énergie mécanique E_m du bâton de Mølkky.

$$E_m = E_c + E_p$$

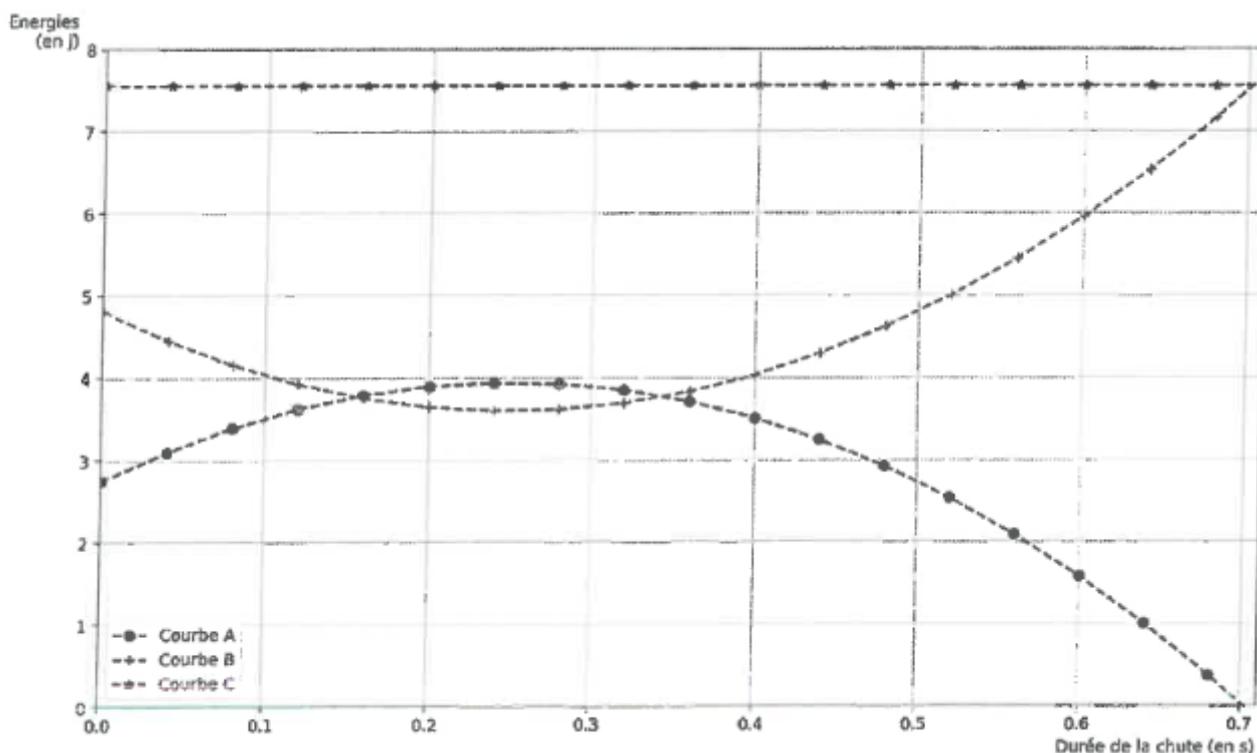


Figure 4. Évolution temporelle des énergies.

Q8. Attribuer chaque courbe de la figure 4 à l'énergie représentée. Justifier la réponse.

Au début du lancer, le bâton monte et perd de la vitesse.

$E_p = m \cdot g \cdot y$ avec y qui augmente donc E_p augmente : Courbe A

$E_c = 0,5 \cdot m \cdot v^2$ avec v qui diminue donc E_c diminue : Courbe B

$E_m = E_c + E_p$: courbe C

Q9. Déterminer la « durée de vol » du bâton de Mölkky (durée de chute) et en déduire que la partie décrite précédemment est remportée par le joueur, en considérant les équations horaires du mouvement établies dans la question Q3.

La chute s'arrête lorsque le bâton touche le sol, alors $E_P = 0$ J.

Par lecture graphique, cela se produit pour $t = 0,7$ s.

La durée du vol est de 0,7 s.

$$4.9 * \cos(30) * 0.7 = 2.970467135E0$$

$$x(0,7) = 4,9 \times \cos(30^\circ) \times 0,7 = 3,0 \text{ m}$$

Au bout de 0,7 s, le bâton a bien parcouru 3,0 m et il atteint la quille n°9.

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org

CLASSE : Terminale

EXERCICE 3 : 4 points

VOIE : Générale

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h43

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui sans mémoire, « type collègue »

EXERCICE 3 Performances des bolomètres de Planck

Q1.

$$c = \lambda_0 \times f_0$$

$$\lambda_0 \times f_0 = c$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{3,00 \times 10^8}{217 \times 10^9}$$

$$\lambda_0 = 1,38 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda_0 = 1,38 \text{ mm}$$

Nom du domaine	Rayon X	Ultraviolet	Visible	Infrarouge	Micro-onde	Radio
Domaine de longueur d'onde λ	de 0,01 à 100 nm	de 10 à 400 nm	de 400 à 800 nm	de 0,8 à 1 mm	de 1 à 300 mm	de 0,1 à 1 km

L'onde électromagnétique associée au CMB appartient au domaine des Micro-ondes.

Q2.

$$P_{CN} = \sigma \times T_{CN}^4 \times S$$

$$P_{CMB,recue} = \sigma \times T_{CMB}^4 \times S_{CMB}$$

D'après le sujet : « un filtre est placé devant cette surface, il sélectionne 25,2% de la puissance reçue »

$$P_{CMB} = \frac{25,2}{100} \times P_{CMB,recue}$$

$$P_{CMB} = \frac{25,2}{100} \times \sigma \times T_{CMB}^4 \times S_{CMB}$$

$$P_{CMB} = \frac{25,2}{100} \times 5,67 \times 10^{-8} \times 2,725^4 \times 9,93 \times 10^{-8}$$

$$P_{CMB} = 7,82 \times 10^{-14} \text{ W}$$

Q3.

$$P_{syst} = - \frac{(T_{syst} - T_0)}{R_{th}}$$

$$P_T = - \frac{(T_T - T)}{R_{contact}}$$

Q4.

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

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

$$Q = P \times \Delta t$$

$$Q_{tot} = P_T \times \Delta t$$

Or

$$P_T = -\frac{(T_T - T)}{R_{contact}}$$

D'où

$$Q_{tot} = -\frac{(T_T - T)}{R_{contact}} \times \Delta t$$

Q5.

Premier principe de la thermodynamique :

$$\Delta U = Q + W$$

Avec :

- ΔU la variation d'énergie interne en joule
- Q le transfert thermique en joule
- W le travail en joule

Q6.

$$\begin{aligned}\tau &= R_{contact} \times C_{bolo} \\ [\tau] &= [R_{contact}] \times [C_{bolo}] \\ [\tau] &= K \cdot W^{-1} \times J \cdot K^{-1} \\ [\tau] &= W^{-1} \times J\end{aligned}$$

Or

$$\begin{aligned}P &= \frac{E}{\Delta t} \\ \frac{E}{\Delta t} &= P \\ E &= P \times \Delta t \\ [E] &= [P] \times [\Delta t] \\ J &= W \times s\end{aligned}$$

D'où

$$\begin{aligned}[\tau] &= W^{-1} \times W \times s \\ [\tau] &= s\end{aligned}$$

Ainsi, la quantité $\tau = R_{contact} \times C_{bolo}$ est homogène à un temps.

$$\begin{aligned}\tau &= R_{contact} \times C_{bolo} \\ \tau &= 3,75 \times 10^9 \times 0,40 \times 10^{-12} \\ \tau &= 1,5 \times 10^{-3} \text{ s}\end{aligned}$$

Q7.

$$\begin{aligned}T_{(t)} &= T_T + T_1 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \\ T_{(t \rightarrow \infty)} &= T_T + T_1 \times \left(1 - e^{-\frac{\infty}{\tau}}\right) \\ T_{(t \rightarrow \infty)} &= T_T + T_1 \times (1 - 0) \\ T_{(t \rightarrow \infty)} &= T_T + T_1 \\ T_T + T_1 &= T_{(t \rightarrow \infty)} \\ T_1 &= T_{(t \rightarrow \infty)} - T_T\end{aligned}$$

Or

$$T_{(t \rightarrow \infty)} = T_{CMB}$$

$$T_T = T_{(0)}$$

D'où

$$T_1 = T_{CMB} - T_{(0)}$$

$$T_1 = 2,725 - 0,1$$

$$T_1 = 2,625 \text{ K}$$

Q8.

D'après le sujet : « on admet que le bolomètre réalise une mesure de puissance fiable dès que sa température se stabilise, au bout d'une durée égale à 5τ »

$$5\tau = 5 \times 1,5 \times 10^{-3}$$

$$5\tau = 7,5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$5\tau = 7,5 \text{ ms}$$

Le satellite Planck balaie chaque zone pendant une durée $\Delta t_{scan} = 14 \text{ ms}$.

$\Delta t_{scan} > 5\tau$: le bolomètre du satellite Planck peut obtenir une mesure fiable du CMB.