Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 2

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30**
COEFFICIENT : **16**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

L'annexe en page 11 est à rendre avec la copie.
Elle doit être insérée dans celle-ci sans être agrafée.

Exercice 1 – Jeu d'évasion (11 points)

Le jeu d'évasion, plus connu sous le nom *Escape Game* est un type de jeu de rôle grandeur nature scénarisé. Les joueurs évoluent généralement dans un lieu clos et thématisé en résolvant des énigmes dans un temps imparti pour accomplir la mission.

Le but de cet exercice est d'analyser trois situations pouvant être rencontrées dans un jeu d'évasion.

Partie 1 – Cible à atteindre

Une mission récurrente consiste à déverrouiller la porte de sortie d'une salle. Dans cette partie, l'ouverture de la porte se réalise lorsqu'un projectile lancé par la réplique miniature d'un canon pénètre une serrure et en débloque le mécanisme. Pour cela, les joueurs doivent régler la hauteur H_T d'une table sur laquelle est posé le canon (figure 1). Cette hauteur peut varier entre 40 et 80 cm.

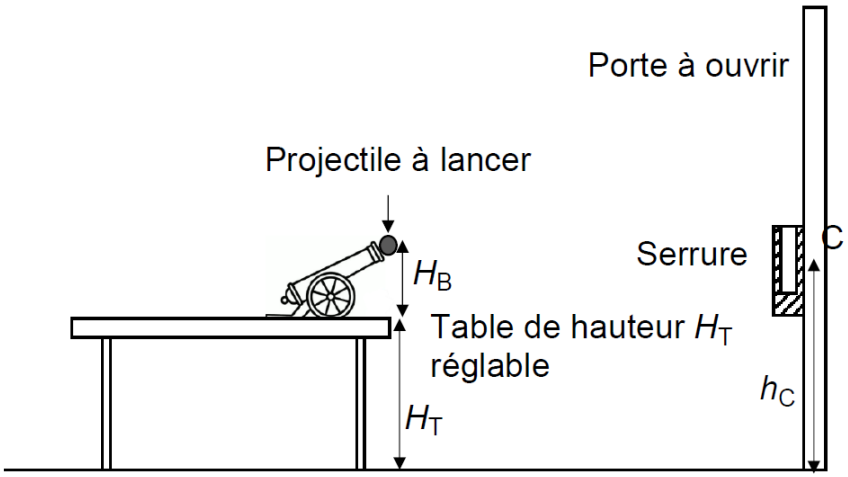


Figure 1 : Dessin d'ensemble (échelle non respectée)

On étudie le mouvement du centre de masse M du projectile de masse *m* dans le référentiel de la pièce supposé galiléen. On considère que lorsque le boulet est sorti du canon, il n'est soumis qu'à son poids (figure 2).

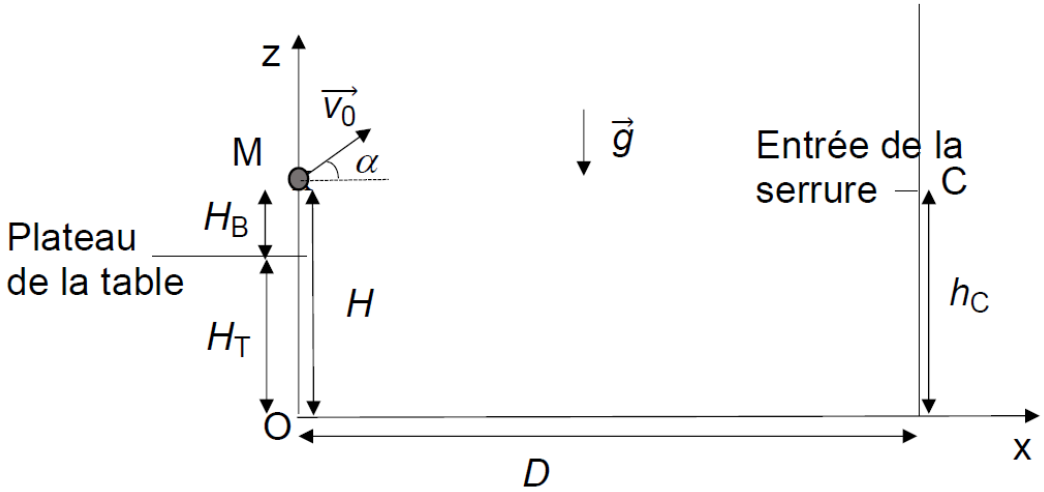


Figure 2 : Schéma détaillé de la situation

Données :

- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Masse du projectile : $m = 100$ g
- Angle d'inclinaison fixe du canon par rapport à l'horizontale : $\alpha = 43{,}0°$
- Valeur de la vitesse initiale du projectile : $v_0 = 5{,}60\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Distance entre la table et la serrure : $D = 3{,}00$ m
- Hauteur entre la sortie du canon et le dessus de la table : $H_B = 30{,}0$ cm
- Hauteur entre le sol et l'entrée de la serrure : $h_C = 1{,}00$ m
- Hauteur de la table : H_T
- Hauteur entre la sortie du canon et le sol : $H = H_T + H_B$

Q1- Exprimer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse M du projectile en appliquant la deuxième loi de Newton.

Q2- Montrer que les équations horaires de son mouvement sont :

$$\overrightarrow{OM}(t)\begin{pmatrix} x(t) = v_0\cdot\cos(\alpha)\cdot t \\ z(t) = -\frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 + v_0\cdot\sin(\alpha)\cdot t + H \end{pmatrix}$$

Q3- En déduire que l'équation de la trajectoire du centre de masse M peut s'écrire :

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

La serrure se débloque si le centre de masse M du projectile passe par le centre C de l'entrée de la serrure.

Q4- Déterminer et calculer la valeur de la hauteur H_T de la table à régler pour débloquer la serrure.

Pour répondre à cette question, 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.

Partie 2 – Résistance à régler

Pour obtenir un indice nécessaire à la poursuite du jeu, les joueurs doivent ouvrir un coffre-fort. Ce dernier ne s'ouvre que si l'aiguille d'une horloge initialement mise à 0 s'arrête sur la graduation 14 s du cadran.

La durée de rotation de l'aiguille est commandée par un circuit électrique dont le schéma est donné sur la figure 3 ci-après. L'objectif pour les participants est de déterminer la valeur R du conducteur ohmique pour que l'aiguille se déplace pendant exactement 14 s. Ils choisissent R grâce à une résistance variable. Tout échec réinitialise l'horloge à la position 0.

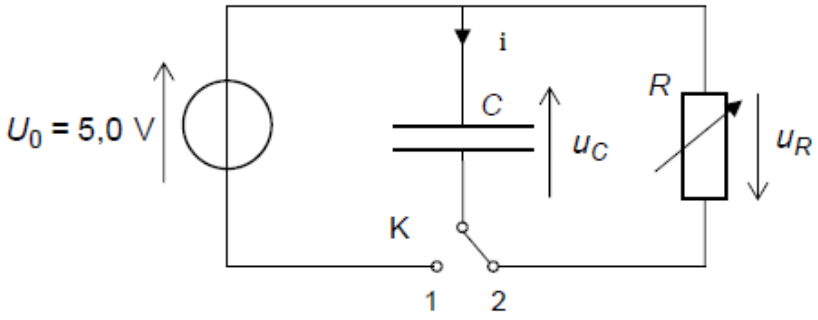


Figure 3 : Schéma du circuit électrique

Le condensateur est initialement chargé : sa tension vaut U_0 = 5,0 V. À t = 0 s, on bascule l'interrupteur K de la position 1 à la position 2 : le condensateur de capacité $C = 47$ µF se décharge au travers d'un conducteur ohmique de résistance R de valeur ajustable.

La rotation de l'aiguille débute lorsque $u_C = 4{,}0$ V et s'arrête lorsque $u_C = 1{,}0$ V.

Q5- Montrer que l'équation différentielle modélisant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur lors de sa décharge s'écrit :

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}u_C = 0$$

où τ est une constante de temps dont on donnera l'expression en fonction de R et de C.

Q6- Vérifier que cette équation différentielle admet une solution de la forme :

$$u_C(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

où A est une constante dont on donnera l'expression en fonction des paramètres du circuit électrique.

La figure 4 représente des courbes de décharge obtenues expérimentalement pour différentes valeurs de R.

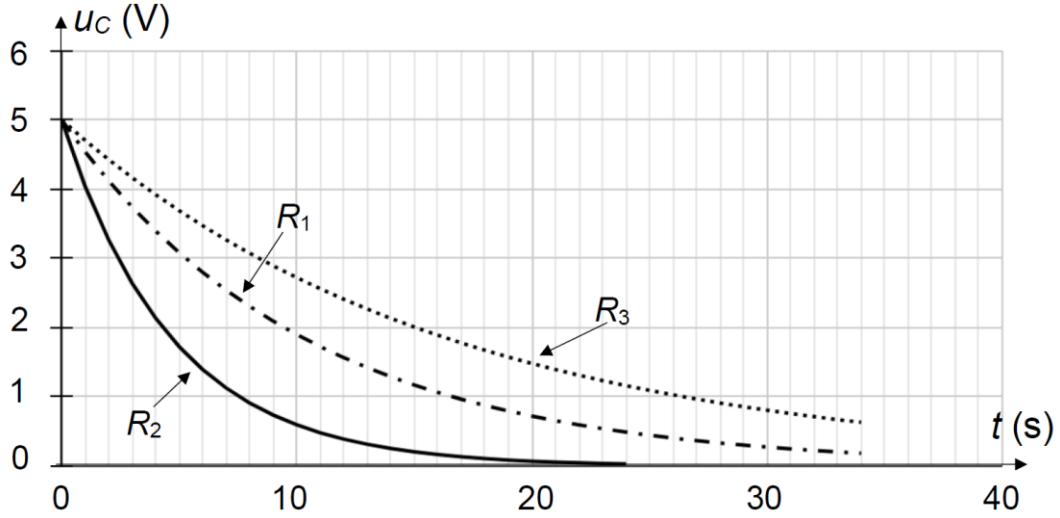


Figure 4 : Courbes de décharge du condensateur de capacité C = 47 µF

Q7- Déterminer laquelle des trois courbes de décharge (annotées R_1, R_2, R_3) correspond à la durée correcte de commande de rotation de l'aiguille pour ouvrir le coffre.

La démarche sera présentée sur la figure de l'**ANNEXE p. 11 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q8- Déduire de la courbe choisie la valeur correspondante de la constante de temps de décharge τ.

La démarche sera présentée sur la figure de l'**ANNEXE p. 11 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q9- Calculer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique que les joueurs doivent choisir pour ouvrir le coffre.

Partie 3 – Cellules à éclairer

Cinq cellules photosensibles se trouvent dans le fond d'une boîte noire dans laquelle un laser rouge se propage. Le rayon lumineux y pénètre en traversant deux petites fentes d'écartement b réglable une fois que l'obturateur coulissant est retiré (figure 5). Une alternance de zones sombres et lumineuses apparaît sur le fond de la boîte (figure 6). Une clé sera délivrée lorsque le centre de chaque cellule photosensible recevra la lumière du laser.

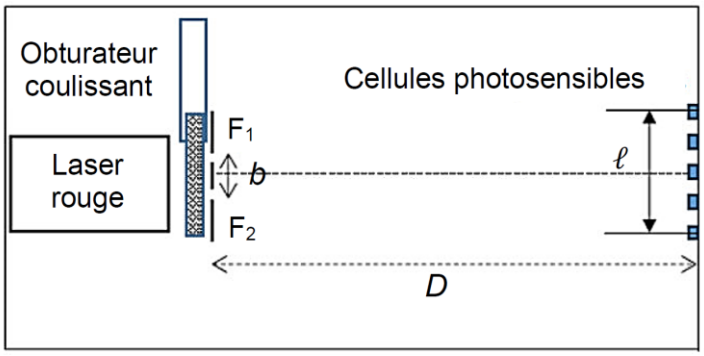


Figure 5 : Schéma du dispositif

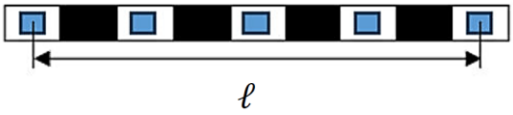


Figure 6 : Schéma du fond de la boîte

Sur les figures 5 et 6, l'échelle n'est pas respectée.

<u>Données</u> :

- Valeur de la longueur d'onde du laser : λ = 650 nm
- Distance entre les fentes et les cellules photosensibles : D = 30 cm
- Distance entre le centre de la première cellule et celui de la cinquième : ℓ = 2,0 cm
- Expression de l'interfrange $i = \frac{\lambda \cdot D}{b}$

Q10- Nommer le phénomène physique responsable de l'existence de l'alternance des zones sombres et lumineuses sur le fond de la boîte.

Q11- Définir une interfrange i.

Q12- Déterminer la valeur de l'écartement *b* des fentes à régler pour délivrer la clé.

Pour répondre à cette question, 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.

Exercice 2 – Datation (4 points)

En décembre 1972, le module lunaire de la mission Apollo 17 alunit dans la vallée Taurus-Littrow. L'une des missions des astronautes est de recueillir des échantillons de la croûte lunaire et de dépôts volcaniques. En effet, si les missions précédentes ont fait progresser les connaissances sur la Lune dans différents domaines, il subsiste néanmoins des interrogations sur sa structure interne, l'histoire de son évolution ou l'existence d'une activité volcanique récente.

L'objectif de cet exercice est d'exploiter les données obtenues lors de l'analyse d'un échantillon de roche lunaire rapporté lors de la mission Apollo 17 pour en déterminer l'âge.

Données :

- Écriture conventionnelle de noyaux atomiques :

Noyau	Rubidium 86	Rubidium 87	Strontium 86	Strontium 87
Écriture conventionnelle	$^{86}_{37}$Rb	$^{87}_{37}$Rb	$^{86}_{38}$Sr	$^{87}_{38}$Sr

- Demi-vie du rubidium 87 : $t_{1/2} = 4{,}88 \times 10^{10}$ ans

Une analyse des minéraux présents dans l'échantillon de roche lunaire a décelé la présence de noyaux de rubidium 87, de strontium 86 et de strontium 87.

Q1- Choisir, en justifiant, la paire de noyaux atomiques isotopes parmi celles données ci-après : ($^{86}_{37}$Rb ; $^{86}_{38}$Sr) ou ($^{86}_{38}$Sr ; $^{87}_{38}$Sr).

Le rubidium 87 se désintègre spontanément en strontium 87 qui est un noyau stable.

Q2- Écrire l'équation de la réaction de désintégration du rubidium 87 en strontium 87.

Q3- En déduire le nom de la particule émise et le type de radioactivité mis en jeu.

Le nombre N ($^{87}_{37}$Rb) de noyaux de rubidium 87 contenu dans un minéral de roche suit la loi de décroissance radioactive :

$$N\,(^{87}_{37}\text{Rb}) = N_0\,(^{87}_{37}\text{Rb}) \times \exp(-\lambda \cdot t) \quad \text{(relation 1)}$$

où λ est la constante radioactive du rubidium 87 et N_0 ($^{87}_{37}$Rb) est le nombre de noyaux de rubidium 87 initialement présent dans le minéral.

Q4- Donner une définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un isotope radioactif.

Q5- Montrer, à partir de la relation 1, que le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ sont liés par la relation : $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$.

Dans le minéral isolé étudié, la teneur en rubidium 87 diminue au cours du temps et celle en strontium 87 augmente. Le strontium 86, qui n'est pas radioactif, reste stable et est utilisé comme isotope de référence. L'analyse de huit échantillons de la roche lunaire rapportée de la mission Apollo 17 a permis d'obtenir huit valeurs de rapports isotopiques. La figure 1 ci-après représente l'évolution du rapport $\mathbf{y} = \frac{N(^{87}_{38}\text{Sr})}{N(^{86}_{38}\text{Sr})}$ en fonction du rapport $\mathbf{x} = \frac{N(^{87}_{37}\text{Rb})}{N(^{86}_{38}\text{Sr})}$ pour ces huit échantillons.

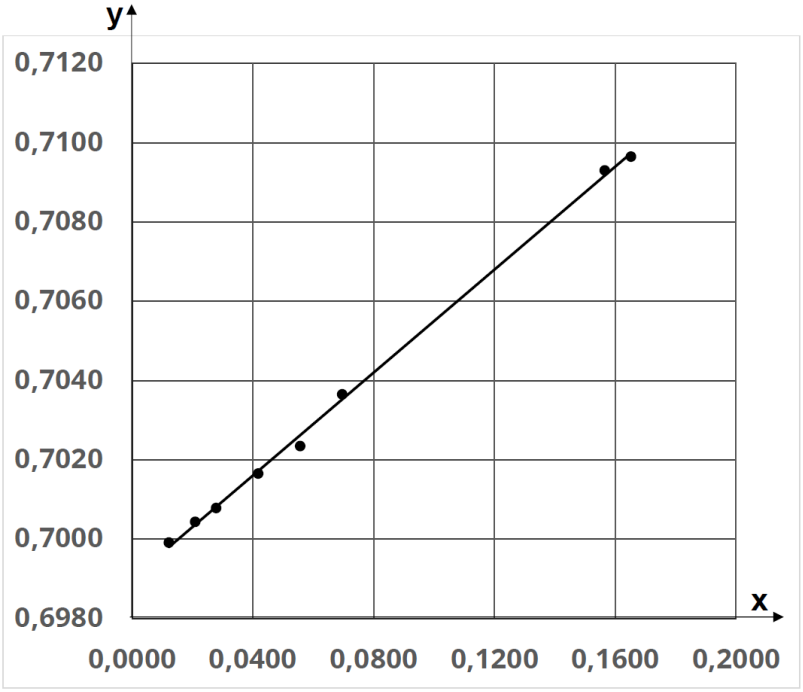


Figure 1 : Évolution du rapport $\mathbf{y} = \frac{N(^{87}_{38}\text{Sr})}{N(^{86}_{38}\text{Sr})}$ en fonction du rapport $\mathbf{x} = \frac{N(^{87}_{37}\text{Rb})}{N(^{86}_{38}\text{Sr})}$

D'après https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19940019585/downloads/19940019585.pdf

La datation par la méthode rubidium – strontium repose sur l'exploitation de deux relations :

- l'équation de modélisation de l'évolution présentée sur la figure 1 :

$$\mathbf{y} = 0{,}0650 \times \mathbf{x} + 0{,}6990$$

- la relation théorique entre les rapports isotopiques :

$$\frac{N(^{87}_{38}\text{Sr})}{N(^{86}_{38}\text{Sr})} = (\exp(\lambda \cdot t_R) - 1) \times \frac{N(^{87}_{37}\text{Rb})}{N(^{86}_{38}\text{Sr})} + \frac{N_0(^{87}_{38}\text{Sr})}{N_0(^{86}_{38}\text{Sr})}$$

où t_R est l'âge de la roche contenant les minéraux étudiés et λ est la constante radioactive du rubidium 87.

Q6- Déterminer l'âge t_R de la roche prélevée sur la Lune en exploitant l'ensemble des données ci-dessus. Commenter.

Pour répondre à cette question, 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.

Exercice 3 – Phytoremédiation (5 points)

La phytoremédiation est une technique qui offre une alternative pour réhabiliter des terrains agricoles. Elle utilise des cycles de culture de plantes spécifiques pour dépolluer un sol contaminé. Souhaitant cultiver sa vigne selon les principes de l'agriculture biologique, un viticulteur sème des plantes « phytoextractrices » afin de diminuer la quantité en cuivre présente dans son sol.

L'objectif de cet exercice est de déterminer le nombre de cycles de culture des plantes que doit réaliser le viticulteur pour atteindre la teneur limite en cuivre acceptable pour l'agriculture biologique.

Données :

- Masse molaire du cuivre : $M(\text{Cu}) = 63{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Teneur limite maximale en cuivre dans un sol pour l'agriculture biologique selon l'Union européenne : $m_t = 150$ mg par kg de terre
- Masse de cuivre extraite par les plantes par cycle de culture : $m_e = 90$ mg par kg de terre

Document – Protocole d'analyse

- Un échantillon de 1 kg de terre contenant le cuivre est immergé dans 1 L d'eau. Après filtration, on obtient 1 L d'une solution notée S_0.

- On prélève un volume $V_1 = 50{,}0$ mL de la solution S_0 que l'on place dans un erlenmeyer. On y ajoute une solution d'iodure de potassium ($K^+(aq)$, $I^-(aq)$) en excès. Il se forme un précipité d'iodure de cuivre CuI(s) selon l'équation de réaction :

$$2\ Cu^{2+}(aq) + 4\ I^-(aq) \rightarrow 2\ CuI(s) + I_2(aq)$$

- Le diiode $I_2(aq)$ formé par la réaction précédente est titré par une solution de thiosulfate de sodium ($2\ Na^+(aq)$, $S_2O_3^{2-}(aq)$) de concentration en quantité de matière $c_2 = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. L'équation de la réaction support du titrage s'écrit :

$$I_2(aq) + 2\ S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2\ I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

Le volume de solution titrante versé pour atteindre l'équivalence est $V_E = 15{,}0$ mL.

Q1- Définir l'équivalence d'un titrage.

Q2- Déterminer, en justifiant, l'oxydant et le réducteur intervenant lors du titrage du diiode I_2 par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$.

Q3- Donner, à l'équivalence, la relation entre la quantité de matière de diiode $n_1(I_2)$ et la quantité de matière des ions thiosulfate $n_E(S_2O_3^{2-})$.

Q4- Écrire la relation entre la quantité de matière de diiode formée $n_1(I_2)$ et celle des ions cuivre $n_0(Cu^{2+})$ présents dans le volume V_1. On pourra utiliser un tableau d'avancement.

Q5- En déduire que la valeur de la quantité de matière d'ions cuivre contenue dans le volume V_1 est $n_0(Cu^{2+}) = 3{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

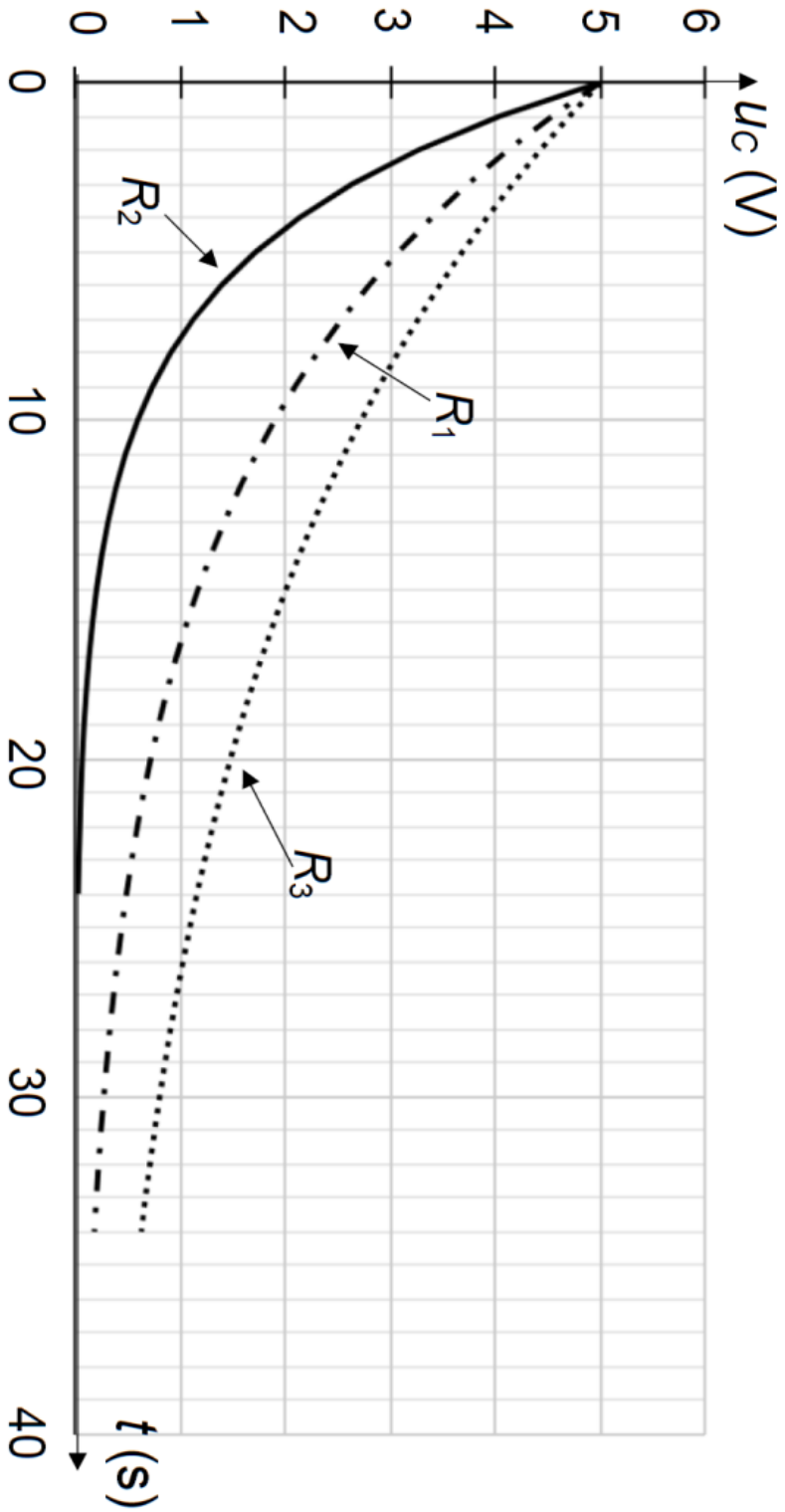
Q6- Calculer la valeur de la masse $m(Cu^{2+})$ de cuivre présent dans 1 kg de terre viticole analysée.

Q7- Déterminer la valeur du nombre minimum N_{min} de cycles de culture à réaliser pour atteindre la teneur limite en cuivre pour l'agriculture biologique.

Pour répondre à cette question, 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.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

<u>Exercice 1</u> – Courbes de décharge



Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.