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 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 2

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30**

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 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

L'annexe en page 9 est à rendre avec la copie.

Exercice 1 – Batteries au lithium (9 points)

Le 9 octobre 2019, le prix Nobel de chimie a récompensé trois scientifiques pour leurs recherches sur les batteries lithium-ion. Ces batteries rechargeables avec une capacité de stockage d'énergie inédite alimentent aujourd'hui de nombreux appareils électroniques et voitures électriques.

Dans cet exercice, on s'intéresse d'abord à une méthode d'extraction du lithium puis au fonctionnement d'un type de batterie lithium-ion.

Partie 1 – Extraction du lithium

Le lithium peut être extrait de solutions aqueuses concentrées appelées saumures. La dissolution de carbonate de sodium $Na_2CO_3(s)$ dans une saumure entraîne la formation d'un précipité de carbonate de lithium $LiCO_3(s)$ récupéré par filtration.

On considère que 90 % du lithium initialement présent dans la saumure est récupéré si la concentration en masse en ions carbonate présents dans le filtrat est au minimum égale à $C_{m0} = 60{,}0\ g{\cdot}L^{-1}$.

<u>Données</u> :

- Couples acido-basiques et pK_A associés :
  - $H_2CO_3(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$ $\quad pK_{A1} = 6{,}3$
  - $HCO_3^-(aq)$ / $CO_3^{2-}(aq)$ $\quad pK_{A2} = 10{,}3$
- Masse molaire des ions carbonate : $M\ (CO_3^{2-}(aq)) = 60{,}0\ g{\cdot}mol^{-1}$

Après avoir fait réagir une saumure avec du carbonate de sodium et filtré le mélange, un industriel souhaite savoir si l'objectif de récupérer 90 % du lithium présent dans la saumure est atteint.

Un volume $V = 200{,}0$ mL d'une solution S est préparé en diluant au centième le filtrat obtenu. Un volume $V_1 = 5{,}0$ mL de la solution S est titré par pH-métrie avec une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq) + C\ell^-(aq)$) de concentration $c_2 = 1{,}00 \times 10^{-2}\ mol{\cdot}L^{-1}$.

Q1- Donner la liste de la verrerie à utiliser pour préparer la solution S par dilution du filtrat.

Q2- Tracer le diagramme de prédominance des espèces acido-basiques $H_2CO_3(aq)$, $HCO_3^-(aq)$, $CO_3^{2-}(aq)$

Q3- Indiquer l'espèce prédominante présente initialement dans la solution titrée sachant que son pH initial est égal à 11,4.

Q4- Préciser, en justifiant, si cette espèce est un acide, une base ou un ampholyte.

L'équation de la réaction support du titrage est :

$$CO_3^{2-}(aq) + 2\ H_3O^+(aq) \rightarrow H_2CO_3(aq) + 2\ H_2O\ (\ell)$$

Le volume de la solution titrante versé à l'équivalence de ce titrage est V_E = 15,2 mL.

Q5- Définir l'équivalence d'un titrage.

Q6- Donner la relation entre la quantité de matière initiale des ions carbonate n_0 (CO_3^{2-}) et la quantité de matière des ions oxonium $n_E(H_3O^+)$ versée à l'équivalence.

Q7- Déterminer si l'objectif d'extraction du lithium de la saumure est atteint.

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 doit être correctement présentée.

Partie 2 – Fonctionnement d'une batterie lithium-ion

Document – Description d'une batterie lithium-ion

Une batterie est composée de plusieurs piles individuelles connectées les unes aux autres. La **figure 1** ci-dessous schématise une de ces piles.

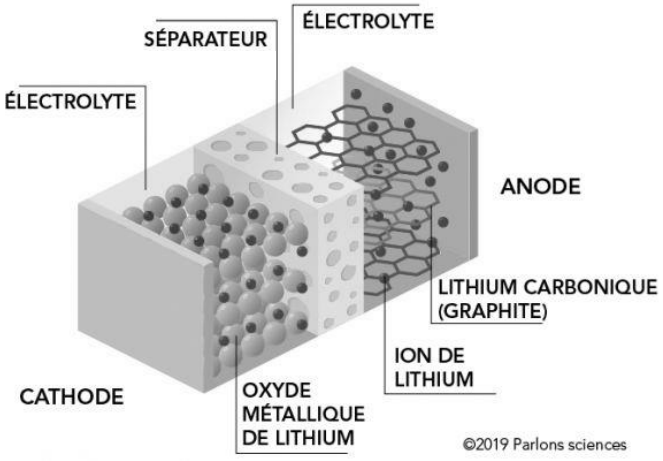


Figure 1 : Schéma d'une pile lithium-ion

Lors du fonctionnement de la pile, une réaction a lieu à chaque électrode :

- Réaction 1 : l'oxyde de cobalt ($CoO_2(s)$) se combine aux ions lithium ($Li^+(aq)$) pour former l'oxyde métallique de lithium ($LiCoO_2$ (s)) :

$$CoO_2(s) + Li^+(aq) + e^- = LiCoO_2(s)$$

- Réaction 2 : le composé lithium carbonique, de formule $LiC_6(s)$, forme des ions lithium ($Li^+(aq)$) et du graphite ($C_6(s)$) :

$$LiC_6(s) = Li^+(aq) + C_6(s) + e^-$$

D'après le site https://parlonssciences.ca/

Données *:*

- Charge élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}
- Équivalence ampère-heure / coulomb : 1,0 A·h = $3{,}6 \times 10^3$ C
- Masse molaire : M (LiC_6) = 79,0 g·mol^{-1}
- Relation entre charge électrique Q (en C) et quantité de matière (en mol) d'électrons $n(e^-)$:

$$Q = n(e^-) \times N_A \times e$$

Q8- Associer, en justifiant, les réactions 1 et 2 aux électrodes cathode et anode mentionnées sur la figure 1.

On donne sur l'**ANNEXE p. 9 A RENDRE AVEC LA COPIE** un schéma simplifié de la pile lors de sa décharge dans un récepteur.

Q9- Faire apparaître sur le schéma de l'**ANNEXE p. 9 A RENDRE AVEC LA COPIE** :

- les polarités de pile ;
- le sens du courant électrique à l'extérieur de la pile ;
- le nom et le sens de déplacement des porteurs de charge à l'extérieur de pile ;
- le mouvement des ions lithium au sein de la pile.

Une batterie lithium-ion, d'une capacité totale Q = 214 A·h, équipe un véhicule électrique présentant une autonomie de 500 km.

Q10- Calculer la valeur de la quantité de matière d'électrons $n(e^-)$ échangés lors d'une décharge complète de la batterie.

Q11- En déduire la valeur de la masse $m(LiC_6)$ de $LiC_6(s)$ nécessaire.

Exercice 2 – *Slam dunk* au golf (6 points)

Au golf, un *slam dunk* est un coup qui consiste à envoyer la balle directement dans le trou sans qu'elle ne roule. Des conditions très spécifiques sont à rassembler pour que le golfeur puisse réaliser ce coup spectaculaire.

Dans la première partie de cet exercice, on s'intéresse à une méthode de mesure de la vitesse initiale d'une balle de golf. Puis, on identifie les conditions permettant de réaliser un *slam dunk*.

Partie 1 – Mesure de la vitesse initiale d'une balle de golf

Document – Radar de mesure

La valeur de la vitesse initiale d'une balle de golf peut être déterminée grâce à un radar placé derrière le joueur.

L'appareil utilise un émetteur qui génère une onde électromagnétique de fréquence

f_E = 21,125 GHz ainsi qu'un récepteur qui capte l'onde après réflexion sur la balle.

La différence Δf entre la valeur de la fréquence de l'onde émise et celle de l'onde reçue permet d'accéder à la valeur de la vitesse v de la balle qui s'affiche sur l'écran du radar grâce à la relation : $|\Delta f| = \frac{2 \times v}{c} \times f_E$.

Données :

- Célérité d'une onde électromagnétique dans le vide ou dans l'air : $c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s^{-1}
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m·s^{-2}
- 1 GHz = 10^9 Hz

À la suite de la frappe réalisée par une golfeuse, un radar mesure un décalage de fréquence dont la valeur absolue est $|\Delta f| = 4\,225$ Hz.

Q1- Nommer le phénomène physique lié au décalage de fréquence.

Q2- Calculer la valeur de la vitesse initiale v_0 de la balle frappée par la joueuse.

Partie 2 – Conditions de réalisation d'un *slam dunk*

On étudie le mouvement du centre de masse G d'une balle de golf de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

À l'instant initial, le centre de masse G est positionné à une hauteur h du sol et à une distance d du trou. La balle est lancée dans le plan vertical repéré par les axes (Ox, Oy) avec un vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$ faisant un angle α avec l'axe Ox (figure 1).

La balle évolue dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$. On néglige les forces de frottement dues à l'air et la rotation de la balle.

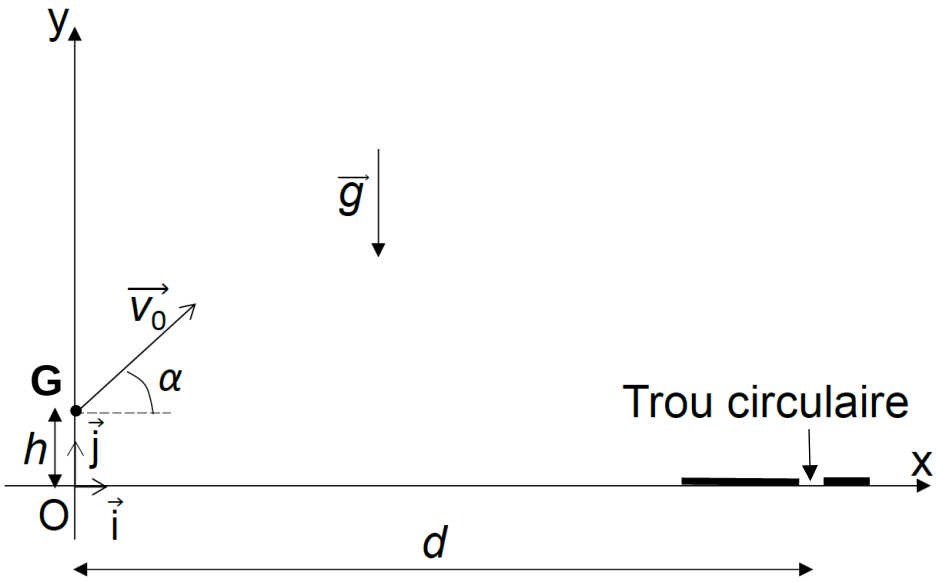


Figure 1 : Schéma du lancer de la balle de golf de centre de masse G à l'instant initial

Données :

- Masse de la balle de golf : m = 46 g
- Hauteur initiale du centre de masse : h = 3,0 cm
- Distance entre le centre de masse G de la balle et le trou : $d = 1{,}5 \times 10^2$ m

Q3- Déterminer les expressions littérales des coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G de la balle suivant les axes Ox et Oy.

Q4- Montrer que les équations horaires de son mouvement sont :

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

Q5- En déduire que l'équation de la trajectoire du centre de masse de la balle dans le repère d'espace (Ox, Oy) s'écrit :

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

Q6- Indiquer les paramètres initiaux de lancement sur lesquels la joueuse peut intervenir pour réussir le *slam dunk*.

Une joueuse amateure frappe la balle avec un angle $\alpha = 39°$ et une vitesse initiale de valeur $v_0 = 30\ m \cdot s^{-1}$.

Q7- Indiquer si, dans ces conditions, la joueuse réussit un *slam dunk*.

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 doit être correctement présentée.

Exercice 3 – Paiement sans contact (5 points)

Apparu en France en 2012, le paiement sans contact permet de régler ses achats facilement et rapidement avec sa carte bancaire ou son téléphone portable. Placé à environ 4 cm du terminal de paiement, le circuit de la puce électronique intégré dans la carte reçoit un signal électromagnétique qui l'active. Le temps de réponse du circuit doit être de 1 à 2 secondes. Il est alors assez long pour permettre à la puce de transmettre un code identificateur au terminal sans être trop long pour l'utilisateur.

L'objectif de cet exercice est de modéliser une partie du circuit de la puce électronique et de vérifier que le modèle permet d'accéder au temps de réponse attendu.

Document – Modélisation électronique

Le circuit de la puce électronique présente sur une carte bancaire est modélisé selon le schéma donné sur la figure 1 ci-dessous.

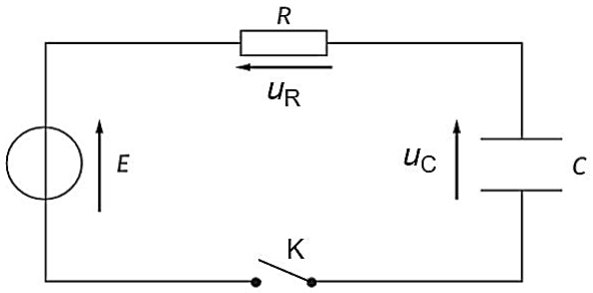


Figure 1 : Schéma du circuit électrique

Le conducteur ohmique de résistance R = 100 kΩ représente la résistance électrique de la puce électronique.

Le générateur de tension E = 5,0 V modélise l'antenne réceptrice de l'onde émise par le terminal de paiement.

Lorsque la carte bancaire est suffisamment proche du terminal, un courant électrique prend naissance dans le circuit. Ceci correspond à l'instant initial t_0 = 0 s auquel l'interrupteur K est fermé. Le condensateur, de capacité C = 40 µF, se charge alors avec une constante de temps notée τ.

On considère que le temps de réponse du circuit électronique de la puce est $t_r = \tau$.

Q1- Exprimer l'intensité i(t) du courant circulant dans le circuit en fonction de la tension aux bornes du condensateur u_C et de la capacité C du condensateur.

Q2- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur s'écrit :

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

où τ est la constante de temps du circuit que l'on exprimera en fonction de R et de C.

Q3- Vérifier que l'unité de τ est la seconde.

Q4- Vérifier que $u_C = E \cdot (1 - \exp(\frac{-t}{\tau}))$ est solution de l'équation différentielle ci-dessus.

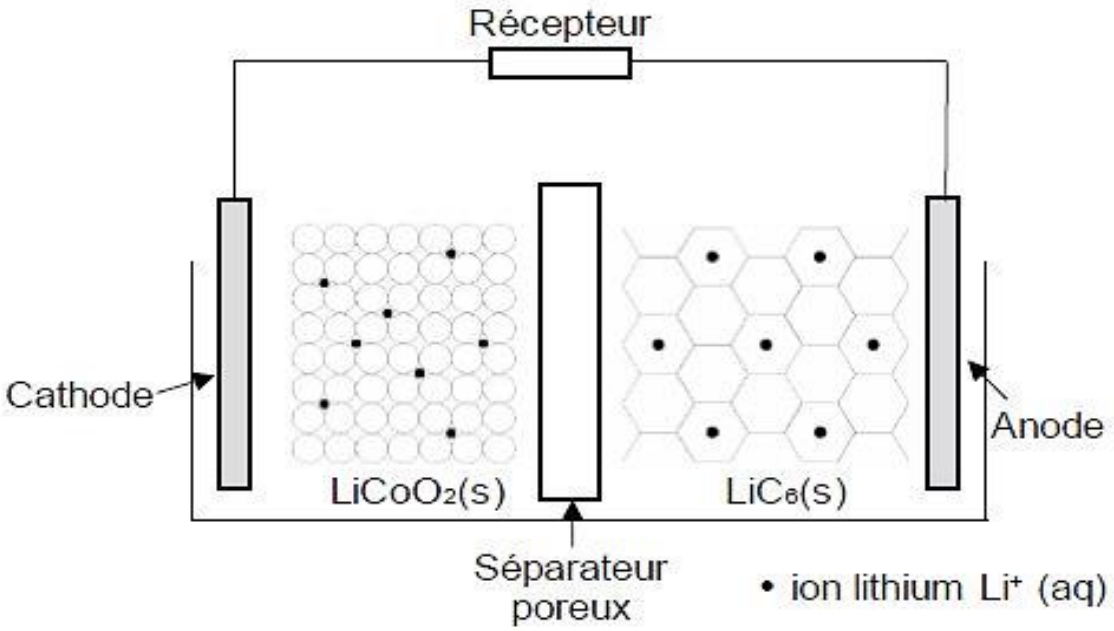
L'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours de la charge est donnée sur l'**ANNEXE p. 9 A RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q5- Déterminer, en explicitant la démarche choisie, la valeur de la constante de temps τ.

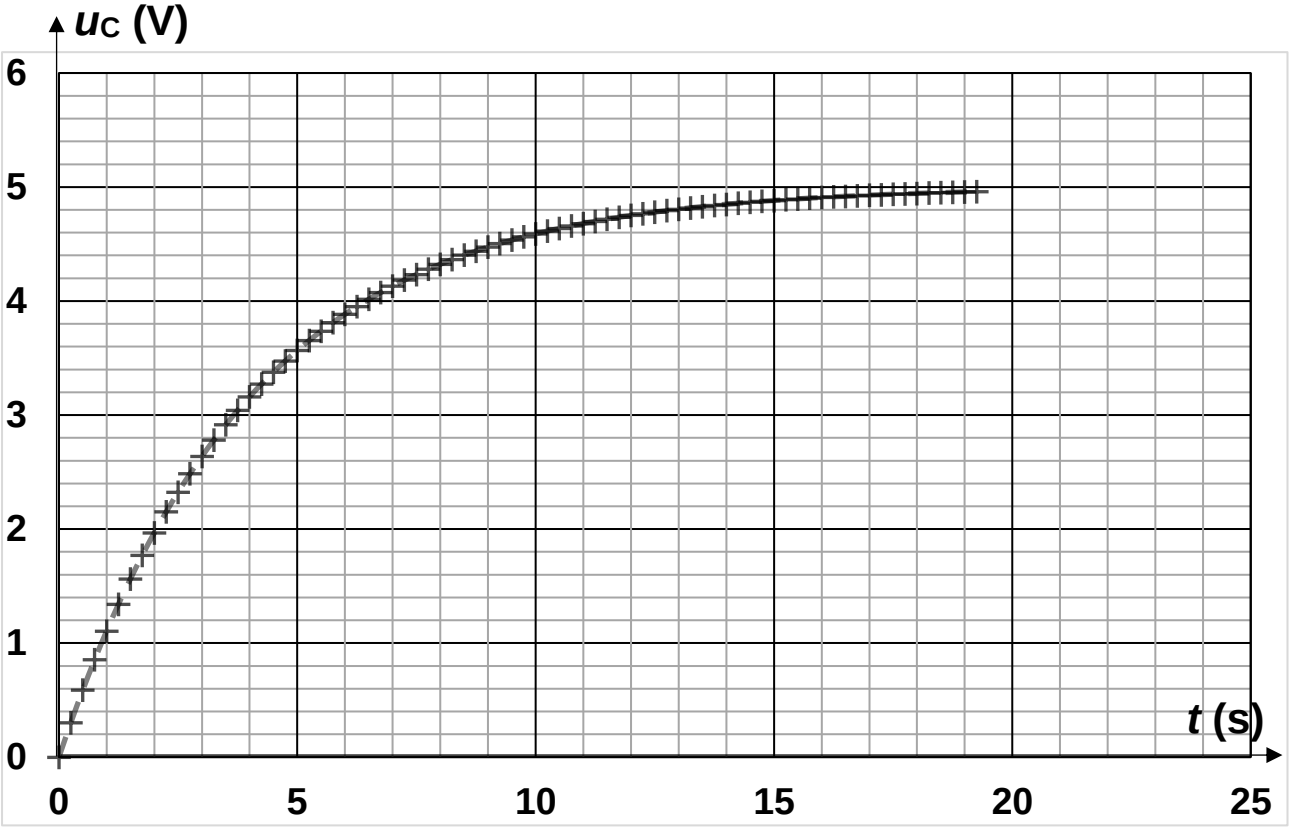
Q6- Indiquer, en justifiant, si le circuit électrique réalisé modélise correctement le circuit de la puce électronique d'une carte bancaire utilisée lors d'un paiement sans contact.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

<u>Exercice 1</u> – Schéma simplifié d'une pile lithium - ion



<u>Exercice 3</u> – Évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps – *Courbe expérimentale obtenue au laboratoire*



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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.