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

Session 2023 – La Réunion

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 1

—

Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 8 pages.

Exercice 1 — L'eau de boisson des poules

Partie A : Le traitement de l'eau de boisson d'un élevage industriel de poules

A. Décontamination de l'eau en fin de chaîne des abreuvoirs

A.1. On souhaite réaliser un titrage par colorimétrie d'une solution d'eau oxygénée. Pour cela, il faut :

- Un erlenmeyer avec d'un barreau aimanté, contenant la solution titrée ;
- un agitateur magnétique ;
- une burette graduée, contenant la solution titrante ;
- une potence, une noix et une pince pour tenir la burette.

A.2. Pour les espèces mises en jeu, les demi-équations électroniques sont les suivantes :

$$\begin{cases} {MnO_4}^- + 8\,H^+ + 5\,e^- = Mn^{2+} + 4\,H_2O \\ O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- = H_2O_2 \end{cases}$$

A.3. Par définition, l'équivalence du titrage est atteinte lorsque la quantité de matière introduite en espèce titrante et égale à la quantité de matière initiale en espèce titrée.
Expérimentalement, elle se traduira par l'apparition de couleur dans l'erlenmeyer.

A.4. À l'équivalence, par définition, on a :

$$\frac{n_{{MnO_4}^-}}{2} = \frac{n_{H_2O_2}}{5}$$

Ou, en concentrations :

$$\frac{c_0 V_{eq}}{2} = \frac{c_1 V_1}{5} \implies \boxed{c_1 = \frac{5 c_0 V_{eq}}{2 V_1}}$$

D'où,

$$c_1 = \frac{5 \times 1{,}00 \times 10^{-3} \times 6{,}60}{2 \times 20{,}00} = 8{,}25 \times 10^{-4}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

On peut alors calculer l'incertitude-type sur cette valeur :

$$u(c_1) = 8{,}25 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}05}{6{,}60}\right)^2 + \left(\frac{0{,}05}{20{,}00}\right)^2 + \left(\frac{0{,}04}{1{,}00}\right)^2} = 0{,}34 \times 10^{-4}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Il vient alors la valeur de la concentration en peroxyde d'hydrogène en fin de chaîne : $\underline{c_1 = 8{,}25(\pm 0{,}34) \times 10^{-4}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$.

A.5. On cherche quelle norme a pu être suivie par l'éleveur. Pour cela, on calcule rapidement les concentrations molaires en fonction de la norme :

Norme	**V sol** (L)	**V eau** (L)	**dilution** (×)	**Cm** ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	**C** ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
1	0,10	1000	10000	0,0248	$7{,}29 \times 10^{-4}$
1	0,20	1000	5000	0,0496	$1{,}46 \times 10^{-3}$
2	2	100	50	4,96	$1{,}46 \times 10^{-1}$

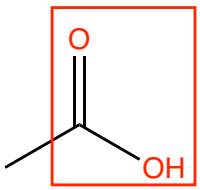
On remarque donc qu'avec une concentration de $c_1 = 8{,}25\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, l'éleveur a choisi la **norme 1**.

A.6. La réaction de dismutation de l'eau oxygénée est un équilibre thermodynamique. Il faut donc, pour réduire sa constante d'équilibre, garder la solution au frais et dans un endroit sombre. Sinon, la concentration risque de diminuer fortement dans un temps relativement court.

Partie B : Le traitement de l'eau de boisson des poules d'un particulier

B.1. Étude de la formule de l'acide acétique

B.1.1. On donne la formule topologique de l'acide acétique :



B.1.2. On a encadré son groupe fonctionnel, qui le rattache à la famille des acides carboxyliques.

B.1.3. Dans la nomenclature internationale, l'acide acétique est donc appelé **acide éthanoïque**.

B.2. L'acide acétique en solution

B.2.1. On représente le diagramme de prédominance de l'acide éthanoïque :



B.2.2. La constante d'acidité est définie comme étant la constante d'équilibre de la réaction de dissociation d'un acide dans l'eau. On a donc :

$$K_A = \frac{[C_2H_3O_2^-][H_3O^+]}{[C_2H_4O_2]C^\circ}$$

Et comme la concentration standard est égale à $C^\circ = 1\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, il vient par simplification :

$$\boxed{K_A = \frac{[C_2H_3O_2^-][H_3O^+]}{[C_2H_4O_2]}} \quad (1)$$

B.2.3. Par définition, $\text{pKa} = -\log(K_A)$. En reprenant l'expression (1), il vient alors :

$$\text{pKa} = -\log\left(\frac{[C_2H_3O_2^-][H_3O^+]}{[C_2H_4O_2]}\right) = -\log\left(\frac{[C_2H_3O_2^-]}{[C_2H_4O_2]}\right) - \log\left([H_3O^+]\right)$$

Or, on sait que $\text{pH} = -\log\left([H_3O^+]\right)$. Il vient donc finalement :

$$\text{pKa} = -\log\left(\frac{[C_2H_3O_2^-]}{[C_2H_4O_2]}\right) + \text{pH} \implies \boxed{\text{pH} = \text{pKa} + \log\left(\frac{[C_2H_3O_2^-]}{[C_2H_4O_2]}\right)} \quad (2)$$

B.2.4. On cherche le pH de la solution préparée, une fois l'équilibre atteint. Par un bilan de matière entre l'état initial (concentration c_3 en acide acétique [1]) et l'équilibre thermodynamique (relié à K_A), il vient donc :

— À l'état initial :

$$\begin{cases} [C_2H_4O_2]_i = c_3 \\ [C_2H_3O_2^-]_i = \varepsilon \sim 0 \end{cases}$$

1. donnée qui est assez peu claire dans la formulation du sujet qui laisserait presque sous-entendre que c_3 est la concentration à l'équilibre...

— À l'équilibre :

$$\begin{cases} [C_2H_3O_2^-] = [H_3O^+] \\ [C_2H_4O_2] = c_3 - [C_2H_3O_2^-] = c_3 - [H_3O^+] \end{cases} \tag{3}$$

On peut donc, à l'équilibre, injecter (3) dans (1) :

$$\begin{aligned} K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{c_3 - [H_3O^+]} &\implies K_A \left(c_3 - [H_3O^+]\right) = [H_3O^+]^2 \\ &\implies [H_3O^+]^2 + K_A[H_3O^+] - K_A c_3 = 0 \qquad (\mathcal{E}) \end{aligned}$$

Trouver le pH revient donc à résoudre l'équation polynomiale $(\mathcal{E})$ d'inconnue $[H_3O^+]$. À la machine, avec $c_3 = 1,60 \times 10^{-3}$ et $K_A = 10^{-4,8}$, on trouve (en ne gardant que la racine positive, qui est la seule à avoir un sens physique) $[H_3O^+] = 1,51 \times 10^{-4}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
Il vient donc finalement :

$$\text{pH} = -\log\left([H_3O^+]\right) = -\log\left(1,51 \times 10^{-4}\right) = \underline{3,8 < 6}$$

La solution préparée est donc bien trop acide pour respecter la norme.

Exercice 2 — Le « Tweeneer-Lob » ou le coup entre les jambes

Partie A : Étude du mouvement de la balle

A.1. On cherche l'expression de l'accélération de la balle lors de son mouvement. On applique donc le principe fondamental de la dynamique à la balle de masse m constante, considérée ponctuelle, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, en négligeant les frottements.

La seule force appliquée étant alors le poids, il vient :

$$m\vec{a} = m\vec{g} = -mg\vec{\jmath} \implies \vec{a} = -g\vec{\jmath}$$

En projetant dans le repère, il vient donc :

$$\boxed{\begin{cases} a_x(t) = \vec{a}\cdot\vec{\imath} = 0 \\ a_y(t) = \vec{a}\cdot\vec{\jmath} = -g \end{cases}} \tag{4}$$

les coordonnées du vecteur accélération du ballon.

A.2. À $t = 0\,\text{s}$, on frappe la balle et on lui donne une vitesse $\vec{v_0}$. On intègre (4) pour obtenir l'expression de la vitesse du ballon :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0\cos(\alpha) \\ v_y(t) = -gt + v_0\sin(\alpha) \end{cases} \tag{5}$$

Et de la même manière, en intégrant (5) et en prenant $x(t=0) = x_0 = 0$ et $y(t=0) = y_0$, on obtient les équations horaires du point G :

$$\boxed{\begin{cases} x(t) = v_0\cos(\alpha)t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0\sin(\alpha)t + y_0 \end{cases}} \tag{6}$$

A.3. On cherche l'équation de la trajectoire, *i.e.* l'expression de la hauteur y en fonction de la longueur parcourue x. Il suffit alors d'exprimer, avec (6), t en fonction de x, puis d'injecter dans l'expression de y.

Premièrement, on a :

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

Et en injectant dans l'expression de y :

$$\begin{aligned} y(x) &= -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos(\alpha)}\right)^2 + v_0\sin(\alpha)\left(\frac{x}{v_0\cos(\alpha)}\right) + y_0 \\ &= -\frac{g}{2(v_0\cos(\alpha))^2}x^2 + \tan(\alpha)x + y_0 \end{aligned}$$

Et en remplaçant par les valeurs numériques, il vient :

$$y(x) = -\frac{9,81}{2\times(55,1/3,6\times\cos(48,0))^2}x^2 + \tan(48,0)x + 30,0\times10^{-2}$$

D'où, on a bien :

$$\boxed{y = -0,047x^2 + 1,1x + 0,30} \tag{7}$$

A.4. On souhaite savoir si Khachanov réussira à intercepter la balle. On cherche donc à vérifier que $y(x = L+3) > 4,0\,\text{m}$.

En l'occurrence, en utilisant l'expression de la trajectoire (7), on calcule :

$$y(L+3) = y(15) = -0,047\times15^2 + 1,1\times15 + 0,30 = \underline{6,22\,\text{m} > 4,0\,\text{m}}$$

Le « tweener-lob » de Carlos Alcaraz ne sera donc pas arrêté par son adversaire.

Partie B : Étude énergétique du mouvement de la balle

B.1. L'énergie mécanique e la balle, par définition, est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle de pesanteur.

B.2. En $t = 0\,\text{s}$, on a l'énergie mécanique :

$$\boxed{E_m(0) = E_c(0) + E_p(0) = \frac{1}{2}m(v_0)^2 + mgy_0}$$

D'où,

$$E_m(0) = \frac{1}{2} \times 58,5 \times 10^{-3} \times (55,1/3,6)^2 + 58,5 \times 10^{-3} \times 9.81 \times 0,30$$
$$\underline{E_m(0) = 7,02\,\text{J}}$$

B.3. La conservation de l'énergie mécanique est un résultat direct du théorème de l'énergie mécanique, dans le cas où le système n'est soumis à aucune force non conservative (donc quand les frottements sont négligés).

B.4. Par conservation de l'énergie mécanique, on a, entre l'instant $t = 0$ et l'instant $t = t_f$ (balle à $y = 0$) :

$$E_m(f) = E_m(0)$$
$$\frac{1}{2}mv_f^2 + 0 = E_m(0) \implies \boxed{v_f^2 = \frac{2E_m(0)}{m}}$$

D'où,

$$v_f^2 = \frac{2 \times 7,02}{58,5 \times 10^{-3}} = 240 \implies \underline{v_f = 15,5\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 55,8\,\text{km} \cdot \text{h}^{-1}}$$

La balle touchera donc le sol avec une vitesse $v_f = 55,8\,\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, ce qui est très proche de la vitesse initiale (ce qui est physiquement cohérent).

L'étude menée l'ayant été en négligeant les frottements, la vitesse réellement mesurée sera légèrement inférieure.

Exercice 3 — Extraction du gaz de schiste par électro-fracturation

Partie A : Charge du condensateur équivalent

A.1. On applique la loi des mailles dans le circuit du condensateur équivalent, ce qui permet d'obtenir :

$$E - u_{C,eq} - U_{R1} = 0 \implies \boxed{u_{C,eq} = E - u_{R1}} \tag{8}$$

A.2. On cherche l'équation différentielle qui régit la tension aux bornes du condensateur. D'abord, on a la loi d'Ohm aux bornes de la résistance :

$$u_{R1} = R_1 i_R$$

De plus, on a la loi des nœuds : $i_{R1} = i_C = i$. Et comme $i = C_{eq}\frac{\mathrm{d}\,u_{C,eq}}{\mathrm{d}\,t}$, il vient en injectant dans (8) :

$$u_{C,eq} = E - R_1 C_{eq}\frac{\mathrm{d}\,u_{C,eq}}{\mathrm{d}\,t}$$

Ou, en réécrivant proprement :

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}\,u_{C,eq}}{\mathrm{d}\,t} + \frac{1}{R_1 C_{eq}} u_{C,eq} = \frac{E}{R_1 C_{eq}}} \tag{$\mathcal{E}$}$$

A.3. On souhaite vérifier que la fonction donnée est bien une solution de $(\mathcal{E})$. On commence par la dériver :

$$u_{C,eq} = E\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = E - Ee^{-\frac{t}{\tau}} \implies \frac{\mathrm{d}\,u_{C,eq}}{\mathrm{d}\,t} = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

On a alors :

$$\frac{\mathrm{d}\,u_{C,eq}}{\mathrm{d}\,t} + \frac{1}{R_1 C_{eq}} u_{C,eq} = E - Ee^{-t/\tau} + \frac{E}{\tau R_1 C_{eq}} e^{-t/\tau}$$

Or, en observant l'équation différentielle $(\mathcal{E})$, il est possible d'exprimer :

$$\boxed{\tau = \frac{1}{R_1 C_{eq}}}$$

Constante homogène à un temps. Il vient alors :

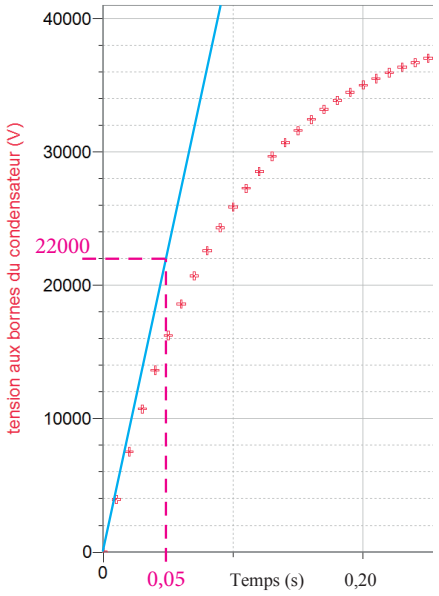
$$\frac{\mathrm{d}\,u_{C,eq}}{\mathrm{d}\,t} + \frac{1}{R_1 C_{eq}} u_{C,eq} = E - Ee^{-t/\tau} + \frac{E\tau}{\tau} e^{-t/\tau} = E$$

L'expression proposée est donc bien une solution de l'équation différentielle $(\mathcal{E})$.

A.4. En $t = 0$, on a :

$$\frac{\mathrm{d}\,u_{C,eq}}{\mathrm{d}\,t}(0) = \frac{E}{\tau} = \frac{E}{R_1 C_{eq}}$$

Pour déterminer C_{eq}, il suffit donc de mesurer graphiquement le nombre dérivé de $u_{C,eq}$ en 0, donc le coefficient directeur de la tangente à sa courbe représentative au point d'abscisse 0.



Par mesure graphique, on trouve $\frac{\mathrm{d}\,u_{\mathrm{C,eq}}}{\mathrm{d}\,t}(0) = \frac{22000}{0{,}05} = 4{,}4 \times 10^{-5}\,\mathrm{V \cdot s^{-1}}$. Alors :

$$\boxed{C_{\mathrm{eq}} = \frac{E}{R_1 \frac{\mathrm{d}\,u_{\mathrm{C,eq}}}{\mathrm{d}\,t}(0)}} = \frac{40 \times 10^3}{160 \times 10^3 \times 4{,}4 \times 10^{-5}} = \underline{5{,}68 \times 10^{-7}\,\mathrm{F} = 568\,\mathrm{nF}}$$

A.5. Il faut donc, pour obtenir une capacité équivalente C_{eq}, $N = \frac{C_{\mathrm{eq}}}{C} = \frac{568}{200} = \underline{3\,\text{consendateurs}}$.

A.6. L'énergie maximale stockée dans le condensateur équivalent est donc :

$$W_{\max} = \frac{1}{2} C_{\mathrm{eq}} u_{\mathrm{C,eq}}^2 = \frac{1}{2} C_{\mathrm{eq}} E^2 = \frac{1}{2} \times 568 \times 10^{-9} \times (40 \times 10^3)^2 = \underline{454{,}4 \times 10^3\,\mathrm{J}}$$

Il sera donc possible, au mieux, de stocker jusqu'à $\underline{W_{\max} = 454{,}4\,\mathrm{J}}$ dans le condensateur équivalent.

Partie B : Décharge du condensateur équivalent

B.1. À $t = \Delta t$, on a une tension aux bornes du condensateur équivalent :

$$\boxed{u_{\mathrm{C,eq}}(t = \Delta t) = E \times e^{-\frac{\Delta t}{R_2 C_{\mathrm{eq}}}}} = 40 \times 10^3 \times e^{-\frac{12 \times 10^{-6}}{100 \times 600 \times 10^{-9}}} = \underline{32{,}7\,\mathrm{kV}}$$

B.2. L'arc électrique se formant après la pré-décharge, la tension sera $u_{\mathrm{C,eq}}(\Delta t)$, et l'énergie stockée sera alors :

$$W_{\mathrm{arc}} = \frac{1}{2} C_{\mathrm{eq}} u_{\mathrm{C,eq}}^2(\Delta t) = \frac{1}{2} \times 600 \times 10^{-9} \times (32{,}7 \times 10^3)^2 = \underline{320{,}8\,\mathrm{J}}$$

B.3. L'énergie utile étant celle permettant la formation de l'arc, il vient le rendement :

$$\boxed{\eta = \frac{W_{\mathrm{arc}}}{W_{\max}}} = \frac{320{,}8}{454{,}4} = \underline{70{,}6\,\%}$$

Ce qui signifie qu'une partie non négligeable de l'énergie initialement fournie (donc payée) est perdue lors de la pré-décharge, ce qui est autant d'énergie qui ne pourra pas être utilisée à des fins utiles.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 3 mai 2024.

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.