BACCALAURÉAT

CORRIGÉ 2

Bac Physique-Chimie

AMÉRIQUE DU NORD

2024

Baccalauréat Général

Session 2024 – Amérique du Nord

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 2

Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 7 pages.

Exercice 1 — Points de règlement au tennis de table

1. Trajectoire d'une balle lors du lancer

Q1. On souhaite étudier le mouvement de la balle de masse m constante dans le référentiel terrestre supposé galiléen. En négligeant les frottements de l'air, la seule force s'exerçant sur le système est son poids, et en appliquant la loi de quantité de mouvement :

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

Et en projetant sur les vecteurs de base, il vient :

$$\boxed{\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}} \tag{1}$$

Q2. On remarque que la balle est lancée uniquement verticalement. On aura donc, le long de son mouvement, $\overrightarrow{v(t)} = v(t)\vec{\jmath} = v_y\vec{\jmath}$.

Q3. En intégrant (1) en temps, avec la condition initiale $\vec{v_0} = v_0\vec{\jmath}$, il vient bien :

$$\boxed{v(t) = -gt + v_0} \tag{2}$$

Q4. L'expression de la vitesse (2) ainsi obtenue est une fonction affine, ce qui correspond bien à l'observation expérimentale.

Q5. Pour déterminer la valeur du champ de pesanteur g, il suffit de lire graphiquement le coefficient directeur de la droite expérimentale.

Graphiquement, on lit :

$$g = -\frac{v(t = 300\,\text{ms}) - v(t = 0\,\text{ms})}{300\,\text{ms}} = -\frac{0,2 - 3,2}{300 \times 10^{-3}} = \frac{3}{300 \times 10^{-3}} = 10\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

On trouve donc, expérimentalement, $\underline{g = 10\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$, ce qui reste assez proche en ordre de grandeur de la valeur réelle.

Q6. La différence de valeur est probablement due à la précision moindre de la lecture graphique, surtout au vu des échelles. Il aurait fallu d'avantage de précision dans la représentation graphique pour pouvoir se rapprocher de la valeur théorique.

Q7. En intégrant l'expression de la vitesse (2), et en remarquant que la balle part initialement de l'origine du repère (position $(0;0)$) il vient :

$$\boxed{y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + 0 = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t} \tag{3}$$

Q8. On cherche la valeur de h_{max}, hauteur maximale atteinte par la balle. Cette dernière l'est lorsque $v(t) = \frac{\mathrm{d}\,y(t)}{\mathrm{d}\,t} = 0$, ce qui est atteint en $t = \frac{v_0}{g} = t_m$, et vaudra alors :

$$h_{\text{max}} = y(t = t_m) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2 + v_0\frac{v_0}{g}$$

Il reste alors à isoler v_0 :

$$h_{\text{max}} = -\frac{1}{2}g\frac{v_0^2}{g^2} + \frac{v_0^2}{g} = -\frac{1}{2}\frac{v_0^2}{g} + \frac{v_0^2}{g} = \frac{v_0^2}{2g} \implies v_0^2 = 2gh_{\text{max}}$$

Il vient donc bien, finalement,

$$\boxed{v_0 = \sqrt{2gh_{\text{max}}}}$$

ce qui correspond à l'expression donnée dans le script Python.

Q9. Pour respecter *a minima* le règlement de la F.F.T.T., il faut saisir `h_max = 16e-2`[1] (ou simplement `0.16`).

Q10. Le programme, dans ces conditions, renverra $v_0 = \sqrt{2 \times 9,81 \times 16 \times 10^{-2}} = 1,77\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Q11. Pour convertir en $\mathrm{km \cdot h^{-1}}$, il faut ajouter l'instruction :

```
v_ini = v_0 * 3.6
```

2. Qualité d'une balle de tennis de table

Q12. À l'instant initial, la balle de vitesse nulle est lâchée d'une altitude h avant de rebondir.
- Son énergie cinétique va donc initialement être nulle puis croître au début du mouvement, elle est donc représentée par les points ;
- Son énergie potentielle de pesanteur est initialement maximale, puis va premièrement décroître, elle est donc représentée par les triangles ;
- Son énergie mécanique se conserve, elle est donc représentée par les croix.

Q13. On fait l'hypothèse que les frottements de l'air sont négligeables pendant les phases de mouvement, ce qui implique (en invoquant le théorème de l'énergie mécanique) une conservation de l'énergie mécanique.

Alors l'énergie mécanique après le premier rebond est identique en tout point, et alors par lecture graphique en $t = 0,32\,\mathrm{s}$, il vient :

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{pp} = 3,3 + 3,3 = \underline{6,6\,\mathrm{mJ} \approx 6,7\,\mathrm{mJ}}$$

Q14. L'énergie mécanique se conservant dans chacune des phases du mouvement (avant et après le rebond), on peut calculer la hauteur h_r du rebond en prenant $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_{pp} = mgh_r$.

Il vient alors :

$$\mathcal{E}_m = mgh_r \implies \boxed{h_r = \frac{\mathcal{E}_m}{mg}}$$

D'où,

$$h_r = \frac{6,6 \times 10^{-3}}{2,7 \times 10^{-3} \times 9,81} = \underline{24,9\,\mathrm{cm}}$$

ce qui est une hauteur proche de la hauteur requise par le règlement.

3. Vitesse d'un coup droit smashé au tennis de table

Q15. L'onde émise va rencontrer la balle qui se rapproche du vélocimètre, et sera donc réfléchie vers le récepteur avec un décalage en fréquences. Il s'agit donc bien d'une illustration de l'effet Doppler.

Q16. Dans la situation où la balle se rapproche, on observera une diminution de la période, donc une augmentation de la fréquence. Le décalage Doppler sera donc positif.

Q17. La vitesse du smash, en utilisant l'expression fournie, est donnée par :

$$\boxed{v = \frac{\mid \Delta f \mid c}{2 f_0}}$$

D'où,

$$v = \frac{4470 \times 3,0 \times 10^8}{2 \times 24,125 \times 10^9} = \underline{27,8\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

Q18. Ce smash permet à la balle d'atteindre la vitesse $v = 27,8\,\mathrm{m \cdot s^{-1}} = 100,1\,\mathrm{km \cdot h^{-1}}$, ce qui est du même ordre de grandeur que le smash du record du monde !

1. ce qui est bien une grandeur de type `float` comme demandé par le programme.

Exercice 2 — Une batterie comestible

1. Composition et fonctionnement de la pile

Q1. La réaction électrochimique impliquant la riboflavine lors du fonctionnement de la pile est la suivante :

$$C_{17}H_{20}N_4O_6 = C_{17}H_{18}N_4O_6 + 2\,H^+ + 2\,e^-$$

Q2. Elle libère des électrons, il s'agit donc d'une oxydation.

Q3. On complète le schéma donné en annexe :

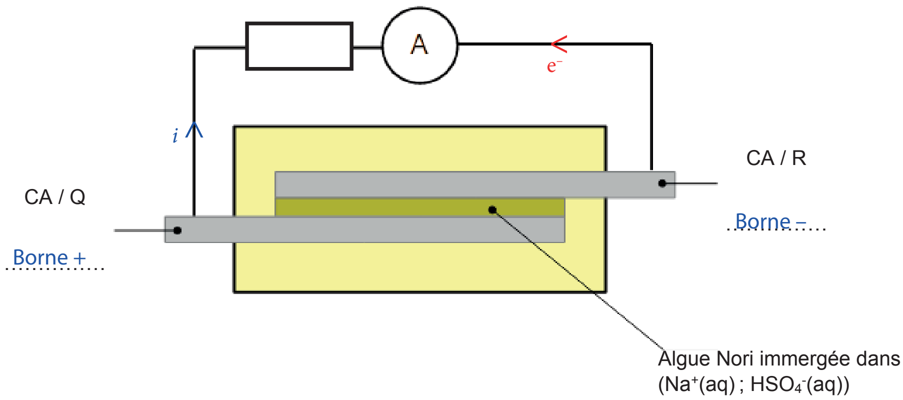


Schéma de la pile

En particulier, on remarque que l'oxydation ayant lieu dans l'électrode CA/R, les électrons en sortiront, ce qui détermine la circulation des électrons.

Q4. Le film d'algue Nori immergé dans une solution électrolytique joue le rôle de pont salin : il permet entre autres de fermer le circuit afin de permettre la circulation du courant.

Q5. Sur la durée de fonctionnement Δt, on délivre :

$$\boxed{Q = i\Delta t} = 48 \times 10^{-6} \times 12 \times 60 = \underline{3,5 \times 10^{-2}\,\mathrm{C}}$$

Q6. Pour la demi-équation électronique considérée, on a :

$$Q = 2n\mathcal{F} = n_e\mathcal{F} \implies \boxed{n_e = \frac{Q}{\mathcal{F}}}$$

D'où,

$$n_e = \frac{3,5 \times 10^{-2}}{96500} = \underline{3,6 \times 10^{-7}\,\mathrm{mol}}$$

Q7. Comme $n = \frac{n_e}{2}$, il vient $n = \frac{3,6\times10^{-7}}{2} = 1,8 \times 10^{-7}\,\mathrm{mol}$ la quantité de quercétine consommée. Or, à l'état initial, on a introduit :

$$n_0 = \frac{m_0}{M(C_{15}H_{10}O_7)} = \frac{0,60 \times 10^{-3}}{302,24} = 1,98 \times 10^{-6}\,\mathrm{mol}$$

Il vient alors :

$$\%_c = \frac{n}{n_0} = \frac{1,8 \times 10^{-7}}{1,98 \times 10^{-6}} = \underline{9\%}$$

On a donc consommé, en 12 minutes de fonctionnement, seulement 9% de la quercétine initialement introduite. La demi-pile est donc encore loin d'être déchargée.

2. Recharge de la pile

Q8. En rechargeant la pile, on va recréer une différence de potentiel entre les deux électrodes, donc augmenter la tension entre ses bornes. La courbe correspondant à cette opération est donc la courbe a.

Q9. En observant la pile Nickel Métal Hybride, on lit $\mathcal{E} = 0,048\,\mathrm{W} \cdot \mathrm{h}$. Or, on a :

$$\begin{cases} \mathcal{E} = \mathcal{P}\Delta t \\ \mathcal{P} = Ui \end{cases} \implies \boxed{Q = \frac{\mathcal{E}}{U}}$$

D'où, en lisant la tension délivrée sur la pile, il vient :

$$Q_{\mathrm{Ni}} = \frac{0,048}{1,2} = \underline{4,0 \times 10^{-2}\,\mathrm{A} \cdot \mathrm{h}}$$

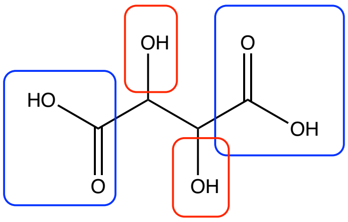
Or, par lecture graphique, on a $Q_c = 10 \times 10^{-6}\,\mathrm{A} \cdot \mathrm{h}$ capacité de la pile comestible.

On comprend donc bien que la pile comestible sera difficilement utilisable comme substitut des piles rechargeables dans la vie courante.

Exercice 3 — Acidité totale du vin

1. Étude de l'acide tartrique

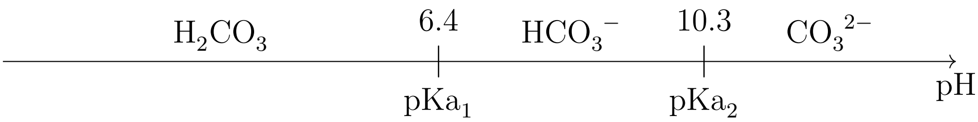
Q1. On recopie la molécule, en entourant les groupes caractéristiques :



Q2. On a donc entouré les familles acide carboxylique en bleu, et alcool en rouge.

2. Acidité totale du vin

Q3. On représente le diagramme de prédominance des couples de l'acide carbonique :



Q4. On remarque alors que le vin, aura une acidité naturelle apportée par réaction avec le CO_2 ambiant, qui pourrait donc fausser le résultat du titrage en réagissant avec la soude introduite.

Q5. L'équivalence est attendue à un pH autour de 7, il faut donc un indicateur coloré dont la zone de virage est autour de cette valeur. Le bleu de bromothymol est un bon candidat.

Q6. On souhaite calculer l'acidité totale du vin analysé. Pour cela, on commence par chercher la masse d'acide sulfurique, avec comme support le titrage acido-basique.
À l'équivalence, on a, par définition :

$$\frac{n_{\mathrm{H_2SO_4}}}{1} = \frac{n_{\mathrm{HO^-}}}{2}$$

Ou, en masse et volume :

$$\frac{m_{\mathrm{H_2SO_4}}}{M(\mathrm{H_2SO_4})} = \frac{C_B V_B}{2} \implies \boxed{m_{\mathrm{H_2SO_4}} = \frac{C_B V_B M(\mathrm{H_2SO_4})}{2}}$$

Ce qui permet d'exprimer l'acidité totale :

$$\boxed{AT = \frac{m_{\mathrm{H_2SO_4}}}{V_A} = \frac{C_B V_B M(\mathrm{H_2SO_4})}{2V_A}}$$

D'où,

$$AT = \frac{0,100 \times 3,5 \times 98,1}{2 \times 5,0} = \underline{3,43\,\mathrm{g\cdot L^{-1}}}$$

Le vin étudié est donc *a priori* respectueux de la réglementation.

Q7. À partir des mesures expérimentales, on calcule la valeur moyenne de l'acidité totale, qui vaut $\underline{\overline{AT} = 3,43\,\mathrm{g\cdot L^{-1}}}$
On calcule également, à la machine, l'écart-type de la série de mesures : $s(AT) = 0,04\,\mathrm{g\cdot L^{-1}}$.
On a donc l'incertitude-type :

$$u(\overline{AT}) = \frac{s(AT)}{\sqrt{n}} = \frac{0,04}{\sqrt{10}} = 0,01\,\mathrm{g\cdot L^{-1}}$$

La mesure de l'acidité totale du vin est donc finalement $\underline{AT = 3,43(\pm 0,01)\,\mathrm{g\cdot L^{-1}}}$.

Q8. Pour le vin étudié, on calcule :

$$\frac{\mid AT_{\text{mes}} - AT_{\text{ref}} \mid}{u(AT)} = \frac{\mid 3,43 - 3,45 \mid}{0,01} = 2$$

On remarque donc un écart qui existe bien entre la valeur mesurée et la valeur souhaitée, mais il n'en est pas pour autant important (il reste acceptable).

Q9. On souhaite obtenir les valeurs limites d'acidité totale pour les vins d'Alsace, dans lesquels on dose l'acide tartrique.

Pour cela, il faut prendre en compte la différence de masse molaire entre les deux acides :

$$r = \frac{M}{M(\mathrm{H_2SO_4})} = 1,53$$

À quantité de matière constante, il faut donc multiplier les valeurs limites par ce ratio pour obtenir les valeurs pour l'Alsace.

La proposition correcte est donc la **b**.

* *
*