Sciences Physiques : Amérique du Nord Jour 2 (22 mai 2024)

> Exercice 1 : points de règlement au tennis de table (11 points)

Q1. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le système {balle} n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$ vertical dirigé vers le bas, l'action de l'air étant négligée.
D'après la seconde loi de Newton :

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

Or les coordonnées de $\vec{g}$ sont $\vec{g}\begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$
donc $a_x = 0$ et $a_y = -g$

Q2. D'après la figure 2, le mouvement est vertical. Le vecteur vitesse n'a donc pas de composante selon (Ox). On a $\vec{v}(t)\begin{pmatrix} 0 \\ v_y \end{pmatrix}$
Ainsi $\|\vec{v}(t)\| = \sqrt{0^2 + v_y^2} = |v_y|$
La norme du vecteur vitesse est donc assimilable à la valeur de sa composante v_y.

Q3. Par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ et en particulier $a_y = \frac{dv_y}{dt}$.
Par primitive, on a $v_y = -gt + C_1$ avec C_1 une constante d'intégration.
A $t = 0, v_y = C_1 = v_0$ d'après les conditions initiales.
De plus $v_y = v(t)$.
Ainsi $v(t) = -gt + v_0$

Q4. Sur la figure 3, on observe un alignement de points. Le nuage de points peut être modélisé par une fonction affine. Or, l'expression de la vitesse obtenue à la question précédente est de la forme $mt + p$ avec $m = -g$ et $p = v_0$. Ce modèle est en accord avec l'expérience.

Q5. Déterminons la pente de la droite obtenue à partir de la figure 3 :

$$m = -g = \frac{3{,}2 - 0}{0 - 320.10^{-3}} = -10$$

$$g = 10\ m.s^{-2}$$

Q6. L'accélération de la pesanteur est $g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$. Dans notre hypothèse initiale, les effets de l'air ont été négligés. Or la balle est suffisamment légère pour que les frottements ou la poussée d'Archimède soient pris en compte. Cela peut expliquer l'écart observé entre les deux valeurs.

Q7. Par définition $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ et $v_y = \frac{dy}{dt}$. Le mouvement étant vertical, on étudie que la position en y.
Par primitive :

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t + C_2$$

Or à t = 0, $y_0 = C_2 = 0$
Donc $y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$

Q8. Lorsque la balle atteint le sommet de la trajectoire, sa vitesse s'annule. Pour $h_{\max}$ on a $v = 0$.
On en déduit que : $-gt + v_0 = 0 \Leftrightarrow v_0 = gt \Leftrightarrow t = \frac{v_0}{g}$

Ainsi

$$h_{\max} = -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2 + v_0 \times \frac{v_0}{g}$$
$$h_{\max} = -\frac{1}{2} \times \frac{v_0^2}{g} + \frac{v_o^2}{g}$$
$$h_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{v_0^2}{g}$$

Et

$$v_0^2 = 2gh_{\max}$$
$$v_0 = \sqrt{2gh_{\max}}$$

On retrouve ainsi la formule de la ligne 6 du programme.

Q9. La règlementation stipule que la balle doit atteindre une hauteur de 16 cm au minimum lors du service. La donnée à saisir doit être dans l'unité de longueur du système international, le mètre.

h_max = 0.16

Q10. Application numérique :

$$v_0 = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 0{,}16}$$
$$v_0 = 1{,}8\ m.s^{-1}$$

Pour atteindre la hauteur règlementaire minimale de 16 cm, la balle doit avoir une vitesse initiale de 1,8 m.s^{-1}

Q11. On complète la ligne 8 par : `v_0 = v_0*3.6`

2. Qualité d'une balle de tennis de table

Q12. La balle est lâchée sans vitesse initiale donc son énergie cinétique est nulle à t=0 et augmente au cours du temps.
La balle est lâchée à la hauteur maximale de 30 cm et perd de l'altitude. Son énergie potentielle de pesanteur est maximale à t=0 puis diminue au cours du temps.
L'énergie mécanique, somme des énergies cinétique et potentielle de pesanteur, se conserve en l'absence de forces non conservatives.
La courbe ● correspond à l'énergie cinétique de la balle.
La courbe ▲ correspond à l'énergie potentielle de pesanteur de la balle.
La courbe + correspond donc à l'énergie mécanique. Elle reste globalement constante.

Q13.
On a les données suivantes :

temps (en s)	0,255	0,27	0,29	0,305	0,32
Ec (enm J)	6,1	5,4	4,5	4	3,3
Epp (en mJ)	0,6	1,3	2,2	2,8	3,4
Em = Ec + Epp (en mJ)	6,7	6,7	6,7	6,8	6,7

L'énergie mécanique est constante. Elle se conserve et sa valeur est proche de 6,7 mJ.

Q14. Lors du rebond de la balle, celle-ci atteint une hauteur maximale de rebond quand sa vitesse s'annule.
$E_m = E_c + E_{pp}$ et Ec = 0
$E_m = E_{pp}$
$E_m = mgh$
$h = \frac{E_m}{mg}$
Application numérique :
$h = \frac{6{,}7.10^{-3}}{2{,}7.10^{-3} \times 9{,}81}$

$h = 2{,}5.10^{-1}\ m$

La balle atteint une hauteur de 25 cm au premier rebond.

Il faut, d'après l'article 2.1.3, un rebond d'au moins 23 cm avec une balle règlementaire. Le rond de la balle étudiée est de 25 cm. La balle est règlementaire.

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

Q15. L'effet Doppler est l'existence d'une différence entre la fréquence d'une onde émise et la fréquence d'une onde reçue lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement relatif. Entre le moment ou le cinémomètre émet une onde et le moment ou la balle la réfléchit, celle-ci s'est déplacée. La situation illustre bien l'effet Doppler.

Q16. Lorsque la balle se rapproche du cinémomètre, la longueur d'onde reçue est plus courte donc la fréquence reçue f_R est plus élevée que la fréquence émise f_0.
Or $\Delta f = f_R - f_0$
Ainsi le décalage Doppler est positif

Q17.

$$|\Delta f| = 2 \times f_0 \times \frac{v}{c_{onde}}$$

$$\Leftrightarrow v = |\Delta f| \times \frac{c_{onde}}{2 \times f_0}$$

Application numérique : $v = 4470 \times \frac{3{,}00.10^8}{2 \times 24{,}125.10^9}$

$$v = 27{,}8\ m.s^{-1}$$

La vitesse du smash est de 27,8 $m.s^{-1}$.

Q18.

$$v = 27{,}8 \times 3{,}6 = 100$$
$$v = 100\ km.h^{-1}$$

La vitesse du joueur amateur est de 100 $km.h^{-1}$ soit un ordre de grandeur de 10^2.
La vitesse du record du monde est de 112,5 $km.h^{-1}$ soit également un ordre de grandeur de 10^2.
Les deux vitesses sont du même ordre de grandeur.

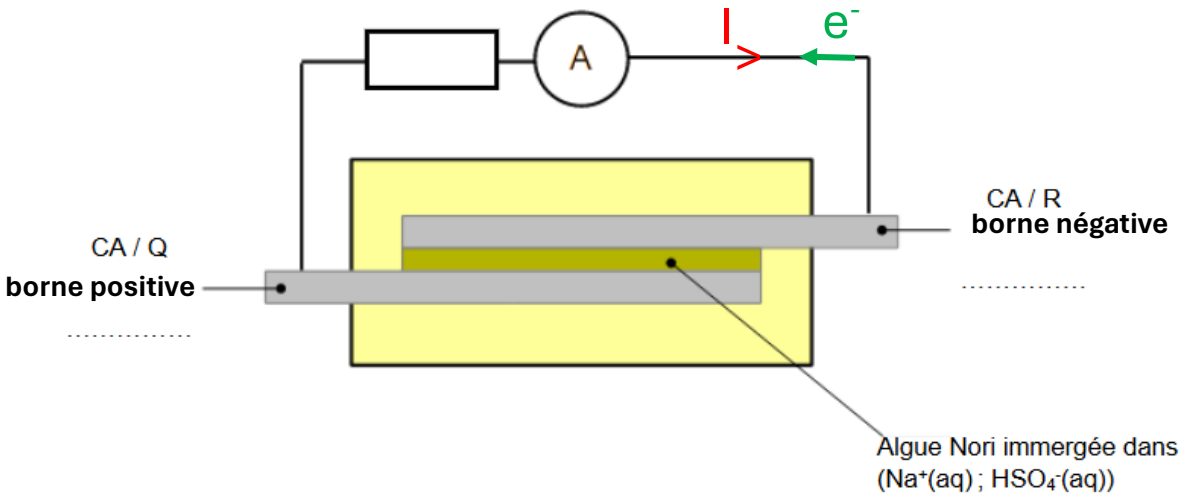
> **Exercice 2 : une batterie comestible (5 points)**

Q1. La ribloflavine est le reducteur du couple.
L'équation de la réaction électrochimique est :

$$C_{17}H_{20}N_4O_6(s) \longrightarrow C_{17}H_{18}N_4O_6(s) + 2\,H^+(aq) + 2\,e^-$$

Q2. D'après l'équation de réaction précédente, la riboflavine cède des électrons. Elle subit une oxydation.

Q3.



Q4. Le fim d'algue Nori joue le rôle de pont salin assurant le passage des charges et la fermeture du circuit électrique.

Q5. Charge délivrée par la pile :

$$Q = I \times \Delta t$$
$$Q = 48.10^{-6} \times 12 \times 60$$
$$Q = 3{,}5.10^{-2}\ C$$

Durant 12 min de fonctionnement, la pile a délivrée une charge électrique de 0,035 C.

Q6. Quantité de matière en électrons :

$$Q = n_e \times F$$
$$n_e = \frac{Q}{F}$$
$$n_e = \frac{0{,}035}{96500}$$

$$n_e = 3{,}6.10^{-7}\ mol$$

La quantité d'électrons consommée pendant 12 minutes par l'électrode recouverte de quercétine est de $3{,}6.10^{-7}$ mol.

Q7. Déterminons la quantité de matière initiale en quercétine n_Q :

$$n_Q = \frac{m_Q}{M_Q}$$

Déterminons la quantité de matière en quercétine consommée n_{Q_f}:
D'après la stœchiométrie de la réaction :

$$\frac{n_{Q_f}}{1} = \frac{n_e}{2}$$

Déterminons le pourcentage de quercétine consommé :

$$\frac{n_{q_f}}{n_q} = \frac{\frac{n_e}{2}}{n_q}$$

$$\frac{n_{q_f}}{n_q} = \frac{n_e \times M_Q}{2 \times m_Q}$$

$$\frac{n_{q_f}}{n_q} = \frac{3{,}6.10^{-7} \times 302{,}24}{2 \times 0{,}60.10^{-3}}$$

$$\frac{n_{q_f}}{n_q} = 0{,}091 \text{ soit } 9{,}1\%$$

Au bout de 12 minutes, seulement 9,1% de la quercétine a été consommée. La demi-pile n'est pas déchargée.

2. Recharge de la pile

Q9. Calcul de la capacité de la pile Nickel Métal Hybride :

(Une analyse dimensionnelle peut aider à comprendre la relation recherchée. Comme $E = P \times \Delta t = UI\Delta t$, en divisant par U, on obtient bien une unité en A.h)

$$C = \frac{E}{U} = \frac{0{,}048}{1{,}2} = 4{,}0.10^{-2}\ A.h$$

La capacité de la pile est de 0,040 A.h
D'après la figure 3 la capacité d'une batterie comestible est en moyenne de 10 µA.h.

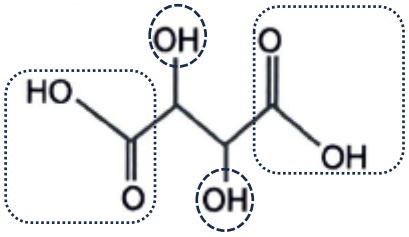
$$\frac{0{,}040}{10.10^{-6}} = 4000$$

Cette capacité est 4000 fois plus faible que celle d'une pile Lithium Métal Hybride.
La batterie comestible semble peut adaptée pour trouver une application réelle dans la vie courante compte tenu de sa faible capacité.

> Exercice 3 : acidité totale du vin (4points)

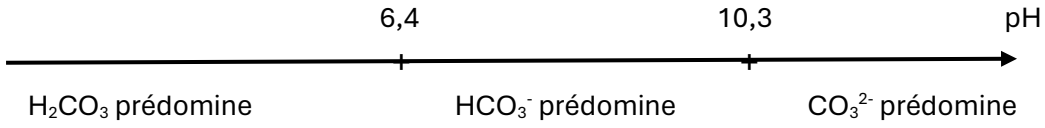
1. Étude de l'acide tartrique

Q1.



Q2. Les familles fonctionnelles présentes dans la molécule d'acide tartrique sont la famille des acides carboxyliques (groupe caractéristique -COOH) et la famille des alcools (groupe caractéristique -OH).

Q3. Diagramme de prédominance des couples H_2CO_3/ HCO_3^- et HCO_3^-/ CO_3^{2-} :



Q4. Le pH d'un vin étant compris entre 2,70 et 3,70, le dioxyde de carbone de l'air dissous dans le vin se transforme en acide carbonique à ce pH-là, d'après le diagramme de prédominance précédent. Cet acide n'étant pas un constituant naturel du vin, il convient de l'éliminer avant de déterminer l'acidité d'un vin pour ne pas fausser la mesure.

Q5. L'équivalence du titrage est estimée atteinte à pH = 7,0. Pour observer l'équivalence, il faut choisir un indicateur coloré dont la zone de virage est autour de 7,0. D'après le tableau des indicateurs colorés, le bleu de bromothymol dont la zone de virage est entre pH = 6,0 et pH = 7,6 est le plus adapté pour ce titrage.

Q6. A l'équivalence du titrage, les réactifs ont été introduits en quantités stœchiométriques. Ainsi :

$$\frac{C_A \times V_A}{1} = \frac{C_B \times V_B}{2}$$

$$C_A = \frac{C_B \times V_B}{2V_A}$$

$$C_A = \frac{0{,}100 \times 3{,}5.10^{-3}}{2 \times 5{,}0.10^{-3}}$$

$$C_A = 3{,}5.10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

La concentration molaire en acide sulfurique dans le vin est de $3{,}5.10^{-4}$ mol.L^{-1}.

$$AT = \frac{m_A}{V} = \frac{n_A \times M_A}{V} = C_A \times M_A$$

$$AT = 3{,}5.10^{-4} \times 98{,}1$$

$$AT = 3{,}4\ g.L^{-1}$$

L'acidité totale du vin analysé est de 3,4 g.L^{-1}. Cette valeur est conforme à la règlementation qui impose une teneur comprise entre 3,0 et 6,0 g.L^{-1}.

Q7. A la calculatrice on obtient les données statistiques suivantes :

$$\overline{AT} = 3{,}43$$
$$s(\overline{AT}) = 0{,}0382$$
$$u(\overline{AT}) = \frac{s(\overline{AT})}{n}$$

$$u(\overline{AT}) = \frac{0{,}0382}{10}$$
$$u(\overline{AT}) = 0{,}00382$$

On donne 3 chiffres significatifs aux résultats, autant que dans les données expérimentales. On arrondit l'incertitude type à 0,01.
L'acidité totale moyenne du vin est $3{,}43 \mp 0{,}01$ g.L^{-1}.

Q8. Calculons le z-score :

$$\frac{|3{,}43 - 3{,}45|}{0{,}01} = 2$$

L'écart entre la mesure et la valeur souhaitée est égale à deux fois l'incertitude. Le viticulteur peut considérer que son vin a une qualité satisfaisante.

Q9. Il a été montré à la question 6 que $AT = C_A \times M_A$
En dosant l'acide tartrique plutôt que l'acide sulfurique, la masse molaire à considérer est différente. On a :

$AT = C_A \times M_{H_2SO_4}$ en France
$AT_{Alsace} = C_A \times M$ en Alsace en particulier

Donc $AT_{Alsace} = \frac{AT}{M_{H_2SO_4}} \times M$

Comme $3{,}0 \leq AT \leq 6{,}0$ on a $\frac{3{,}0}{98{,}1} \times 150{,}0 \leq AT_{Alsace} \leq \frac{6{,}0}{98{,}1} \times 150{,}0$

Ainsi $4{,}6 \leq AT_{Alsace} \leq 9{,}2$

En Alsace, l'acidité totale d'un vin doit être comprise entre 4,6 g.L^{-1} et 9,2 g.L^{-1}.