

Épreuve de Physique-Chimie  
(toutes filières)  
Corrigé

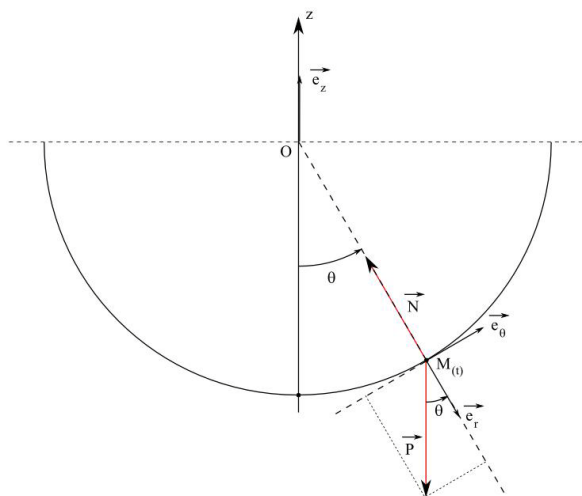
Barème total 200 points : Physique 132 points - Chimie 68 points

## PHYSIQUE

### Partie A : Étude de deux mouvements circulaires (54 points)

#### A.1. Mouvement d'un point matériel sur un rail circulaire (27 points)

A.1.1. Inventaire et projection : Le poids  $\vec{P} = mg \cos \theta \vec{e}_r - mg \sin \theta \vec{e}_\theta$  et la réaction normale  $\vec{N} = -\|\vec{N}\| \vec{e}_r$  (1 point)



(1 point pour le schéma complet, 0 sinon)

A.1.2. On applique la relation fondamentale de la dynamique dans le référentiel galiléen  $\mathcal{R}$ . L'accélération du point s'écrit  $\vec{a} = R\ddot{\theta} \vec{e}_\theta - R\dot{\theta}^2 \vec{e}_r$ . En projection sur la direction orthoradiale afin d'éliminer la norme de la réaction normale qui nous est inconnue :

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{R} \sin \theta = 0 \quad (2 \text{ points})$$

A1.3. Un développement limité à l'ordre 1 de la fonction sinus nous ramène à une équation différentielle d'oscillateur harmonique :  $\ddot{\theta} + \frac{g}{R} \theta = 0$ . (1 point)

On en cherche la solution, par exemple, sous la forme  $\theta = A \cos\left(\sqrt{\frac{g}{R}}t\right) + B \sin\left(\sqrt{\frac{g}{R}}t\right)$ . (1 point)

N.B. : On acceptera une recherche des solutions de la forme  $a \cos\left(\sqrt{\frac{g}{R}}t + b\right)$

Les conditions initiales  $\theta(0) = 0$  et  $\dot{\theta}(0) = \frac{V_0}{R}$  mènent à :

$$\theta(t) = \frac{V_0}{\sqrt{Rg}} \sin\left(\sqrt{\frac{g}{R}}t\right) \quad (2 \text{ points})$$

**A.1.4.** On applique la relation fondamentale de la dynamique dans le référentiel galiléen  $\mathcal{R}$ . On arrive à :

$$\ddot{\theta} + \frac{\lambda}{m}\dot{\theta} + \frac{g}{R}\theta = 0 \quad (2 \text{ points})$$

**A.1.5.** Le polynôme caractéristique associé à l'équation différentielle précédente s'écrit :  $r^2 + \frac{\lambda}{m}r + \frac{g}{R} = 0$  doit avoir son discriminant strictement négatif, (1 point) ce qui mène à la condition :

$$\lambda < 2m\sqrt{\frac{g}{R}} \quad (1 \text{ point})$$

**A.1.6.** Les solutions du polynômes caractéristiques sont complexes conjuguées :  $-\frac{\lambda}{2m} \pm j\sqrt{\frac{g}{R} - \frac{\lambda^2}{4m^2}}$ . On

aura ainsi  $\tau = \frac{2m}{\lambda}$  (1 point) et  $\Omega = \sqrt{\frac{g}{R} - \frac{\lambda^2}{4m^2}}$ . (1 point)

On cherche alors la solution sous la forme  $\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)[c \cos(\Omega t) + d \sin(\Omega t)]$ . À l'aide des conditions ini-

tiales, on obtient bien la forme annoncée avec :  $A = \frac{V_0}{\sqrt{gR - \frac{\lambda^2 R^2}{4m^2}}}$ . (2 points)

**A.1.7.**

$$\delta = \ln\left(\frac{\theta(t)}{\theta(t+T)}\right) = \ln\left(\frac{\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\sin(\Omega t)}{\exp\left(-\frac{(t+T)}{\tau}\right)\sin(\Omega(t+T))}\right) = \frac{T}{\tau} = \frac{\lambda T}{2m}. \text{ On en tire } \lambda = \frac{2m\delta}{T}. \quad (2 \text{ points})$$

On lit graphiquement  $T = 4,0$  ms et  $\delta = \ln 2$  (1 point pour les deux lectures graphiques).

D'où  $\lambda = 50 \ln(2) \approx 35$  N.s.m<sup>-1</sup> avec l'aide au calcul. (1 point, 0 si pas d'unité ou unité fausse)

**A.1.8.** Seuls les référentiels en translation rectiligne uniforme par rapport à  $\mathcal{R}$  galiléen restent galiléen. Ce n'est pas le cas de  $\mathcal{R}'$ . (1 point)

**A.1.9.** La relation fondamentale de la dynamique dans un référentiel non galiléen  $\mathcal{R}'$  s'écrit :

$$m\vec{a}(M)/\mathcal{R}' = \sum \vec{F} - m\vec{a}_e - m\vec{a}_c \quad (1 \text{ point})$$

Avec : (1 point)

- $\vec{a}(M)/\mathcal{R}'$  : l'accélération du point matériel calculée par rapport au référentiel non galiléen ;
- $\sum \vec{F}$  : la résultante des forces appliquées ;
- $\vec{a}_e$  : l'accélération d'entraînement de  $\mathcal{R}'$  par rapport au référentiel galiléen,  $-m\vec{a}_e$  : force d'inertie d'entraînement ;
- $\vec{a}_c$  : l'accélération de Coriolis,  $-m\vec{a}_c$  : force d'inertie de Coriolis

**A.1.10.i.** On étudie un équilibre relatif: la vitesse relative est nulle, donc l'accélération de Coriolis  $\vec{a}_c = 2\vec{\Omega} \wedge \vec{v}(M)/\mathcal{R}'$  est nulle (1 point). La force d'inertie d'entraînement, dans le cas d'un mouvement relatif de rotation uniforme s'écrit  $m\omega^2 \overrightarrow{HM}$ , avec H le projeté orthogonal de M sur l'axe (Oz). (1 point, on acceptera aussi la réponse si cette dernière force est exprimée par ses composantes dans la base locale)

**A.1.10.ii.**

En projetant la somme des forces nulles sur la direction orthoradiale, on obtient :

$$-mg \sin \theta_{eq} + m\omega^2 R \sin \theta_{eq} \cos \theta_{eq} = 0, \text{ qui se simplifie en :}$$

$$g = \omega^2 R \cos \theta_{eq}, \text{ d'où :}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R \cos \theta_{eq}}} = 10 \text{ rad.s}^{-1}. \text{ (1 point pour la formule littérale, 1 point pour l'application numérique accompagnée de son unité).}$$

## A.2. Mouvement d'un proton dans un cyclotron (27 points)

### A.2.1. Étude du mouvement dans les Dees

**A.2.1.1.** Le proton ne subit que la partie magnétique de la force de Lorentz, dont la puissance est nulle. D'après le théorème de l'énergie cinétique, il n'y a pas de variation d'énergie cinétique. Le mouvement est donc uniforme. (2 points)

**A.2.1.2.** Voir feuille annexe, la trajectoire orientée donne la direction des vecteurs vitesse, la concavité celle des forces et le champ magnétique s'en déduit. (3 points : 0,5 par élément représenté)

**A.2.1.3.** Par application de la relation fondamentale de la dynamique à un proton, dans le référentiel

galiléen du laboratoire, on obtient :  $m \frac{d\vec{V}}{dt} = e\vec{V} \wedge \vec{B}$  qui se projette en :

$$\begin{cases} \dot{V}_x = \omega_c V_y \\ \dot{V}_y = -\omega_c V_x \end{cases} \text{ (2 points)}$$

**A.2.1.4.** Il s'agit d'intégrer le système d'équation différentielles couplées. Aucune méthode n'est exigée. Les candidats pourront se servir d'une variable auxiliaire complexe ou intégrer l'une des équations et reporter dans l'autre.

En fin de calcul, on aboutit à :

$$\begin{cases} x(t) = \frac{V_1}{\omega_c} \sin(\omega_c t) \\ y(t) = \frac{V_1}{\omega_c} [\cos(\omega_c t) - 1] \end{cases} \text{ (4 points)}$$

En éliminant le temps entre les deux, on aboutit à l'équation d'un cercle de rayon  $R_1$  :

$$x^2 + \left(y + \frac{V_1}{\omega_c}\right)^2 = \left(\frac{V_1}{\omega_c}\right)^2. \text{ (2 points)}$$

**A.2.1.5.** On a immédiatement :  $d = \pi R_n$ . (2 points)

**A.2.1.6.** Le mouvement étant uniforme,  $\Delta t = \frac{d}{V_n} = \frac{d}{R_n \omega_c} = \frac{m\pi}{eB}$ , indépendante de la vitesse du proton. (2 points)

## A.2.2. Étude du mouvement entre les Dees

**A.2.2.1.** Dans les deux cas le champ électrique a la direction de l'axe des abscisses. Pour le passage de  $A_0$  à A, il est orienté dans le sens des x croissants, pour le passage de B à C, il est orienté dans le sens des x décroissants. (2 points)

Le champ électrique est orienté dans le sens des potentiels décroissants. Pour le passage de  $A_0$  à A,  $u(t) > 0$ , pour le passage de B à C,  $u(t) < 0$ . (2 points)

**A.2.2.2.** Voir feuille annexe. (2 points)

**A.2.2.3.** Pour synchroniser le passage des particules de l'entre-dee et les maxima de la tension accélératrice, il faut que la demi-période de  $u(t)$  soit égale à  $\Delta t$  :  $T = 2 \Delta t$ , (2 points) donc :

$$f = \frac{1}{2\Delta t} = \frac{eB}{2m\pi} \quad (2 \text{ points})$$

## Partie B : Circuit électrique anti-résonant (40 points)

### B.1. Questions préliminaires (11 points)

**B.1.1.** La résonance en intensité est le phénomène qui consiste en le passage de l'amplitude de l'intensité par un maximum à une pulsation donnée. (1 point) Par analogie, l'antirésonance en intensité est le phénomène qui consiste en le passage de l'amplitude de l'intensité par un minimum à une pulsation donnée. (1 point)

**B.1.2.** Dans le cas du circuit R,L,C série  $\underline{Z} = R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega} = \frac{1 - LC\omega^2 + jRC\omega}{jC\omega}$ . (2 points)

Puis  $Z(\omega) = \frac{\sqrt{(1 - LC\omega^2)^2 + R^2C^2\omega^2}}{C\omega}$  (1 point)

**B.1.3.**  $Z(\omega)$  est minimum à la résonance en intensité dans le circuit. (2 points) Ceci se produit pour  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ . (2 points)  $\underline{Z} = R$ , réel à la résonance, l'intensité et la tension aux bornes du conducteur ohmique sont donc en phase à la résonance en intensité. (2 points)

### B.2. Étude du circuit anti-résonant (29 points)

**B.2.1.**  $\underline{Z} = \frac{\frac{1}{jC\omega} \times (R + jL\omega)}{\frac{1}{jC\omega} + R + jL\omega} = \frac{R + jL\omega}{(1 - LC\omega^2) + jRC\omega}$ . (2 points)

**B.2.2.** D'où :  $Z^2(\omega) = \frac{R^2 + L^2\omega^2}{(1 - LC\omega^2)^2 + R^2C^2\omega^2}$  (2 points)

**B.2.3. i.** Numériquement,  $R^2C/L = 10^{-6} \ll 1$ . (2 points)

**B.2.3. ii.** En faisant alors un DL au deuxième ordre, on arrive à  $\omega_0' = \omega_0(1 - f(R, L, C))$  avec

$$f(R, L, C) = \left( \frac{R^2C}{2L} \right)^2. \quad (4 \text{ points})$$

**B.2.3. iii.** Numériquement,  $f(R, L, C) = 0,25 \cdot 10^{-12}$ . (2 points)

D'où :  $\omega_0' \approx \omega_0$ . (2 points)

**B.2.4.**  $Z(\omega)$  tend vers  $R = 10 \Omega$  en 0 et vers 0 en l'infini. (2 points)

En  $\omega_0'$ , l'extremum de  $Z(\omega)$  est un maximum avec  $Z(\omega_0') = Z_m = \sqrt{\frac{L}{C} + \frac{L^2}{R^2 C^2}} \approx 10^7 \Omega$  (2 points) dans notre approximation.

Le circuit admet donc bien une antirésonance en intensité. (1 point)

Schéma des variations de  $Z(\omega)$  : (1 point)

**B.2.5.** En exprimant  $\underline{u}_{AB}$  de deux manières différentes :  $(R + jL\omega)\underline{i}' = \frac{i - i'}{jC\omega}$ . Ou encore :  
 $(1 - LC\omega^2 + jRC\omega)\underline{i}' = i$  (2 points)

**B.2.6.** À l'antirésonance, elle se simplifie en  $jRC\omega i' = i$ , puis  $I' = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} I = 1000I$ . (2 points)

**B.2.7.** Pour (C<sub>2</sub>)  $\underline{Y}' = \frac{1}{R'} + j\left(C\omega - \frac{1}{L'\omega}\right)$  et pour (C<sub>1</sub>)

$\underline{Y}(\omega) = \frac{1}{R + jL\omega} + jC\omega = \frac{R - jL\omega}{R^2 + L^2\omega^2} + jC\omega = \frac{R}{R^2 + L^2\omega^2} + j\left(C\omega - \frac{L\omega}{R^2 + L^2\omega^2}\right)$ . On a équivalence entre les deux circuits si :  $\underline{Y} = \underline{Y}'$ , (1 point) soit :

$$R' = \frac{R^2 + L^2\omega^2}{R} \text{ (1 point) et } L' = \frac{R^2 + L^2\omega^2}{L\omega^2}. \text{ (1 point)}$$

En se plaçant au voisinage de l'antirésonance, cela se simplifie en :

$$L' = R^2C + L \approx L = 0,10 \text{ H et } R' = R + \frac{L}{RC} = 10^7 \Omega \text{ (2 point)}$$

## Partie C : Le refroidissement en thermodynamique (38 points)

### C.1. Détente d'un gaz d'un l'atmosphère (9 points)

**C.1.1.** La transformation que subit la mole de dioxygène est irréversible (car brusque) (1 point) et adiabatique (car le temps de relaxation des échanges thermiques est beaucoup plus long que celui d'une mise à l'équilibre mécanique) (1 point).

**C.1.2.** Transformation adiabatique et gaz diatomique :  $\Delta U = \frac{5}{2}R(T' - T) = W = -P_0 \left( \frac{RT'}{P_0} - \frac{RT}{P} \right)$ , avec

$$P = 2 P_0 \text{ on aboutit à } T' = \frac{6}{7}T = \frac{6 \times 280}{7} = \frac{6 \times 4 \times 7 \times 10}{7} = 240 \text{ K.}$$

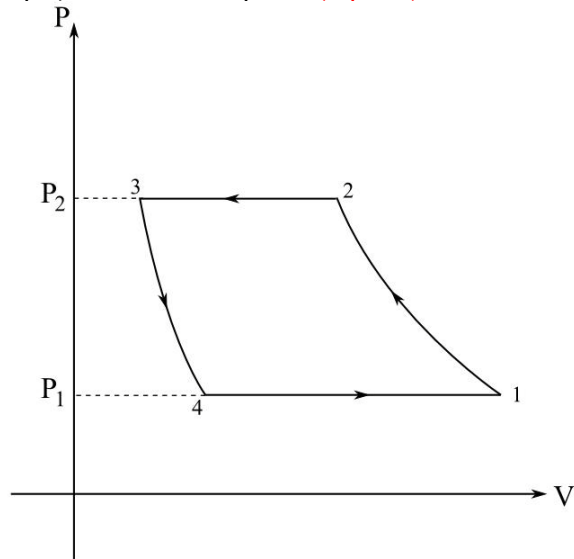
(4 points : 2 pour l'écriture correcte du premier principe et l'expression de W, 1 pour la simplification en  $T' = (6/7)T$  et 1 pour l'application numérique avec unité).

**C.1.3.** D'après l'identité thermodynamique  $dS = \frac{dU}{T} + \frac{P}{T}dV$ , passée en variables T et P :

$$dS = C_p^m \frac{dT}{T} - R \frac{dP}{P}. \text{ D'où } \Delta S = C_p^m \ln\left(\frac{T'}{T}\right) - R \ln\left(\frac{P_0}{P}\right). \text{ (3 points)}$$

## C.2. Climatisation d'un local (15 points)

C.2.1. Le cycle est décrit en sens trigonométrique, il est bien récepteur. (1 point)



(3 points pour le diagramme)

C.2.2. Pour une isobare  $\frac{T}{V} = cste$ , V diminue donc T diminue. (1 point)

C.2.3. Sur les adiabatiques, il n'y a pas de transfert thermique :  $Q_{12} = Q_{34} = 0$ .

Sur les isobares, le transfert thermique est égal à la variation d'enthalpie :  $Q_{23} = \frac{7}{2}R(T_3 - T_2)$

$$Q_{41} = \frac{7}{2}R(T_1 - T_4)$$

(2 points = 4\*0,5)

C.2.4. Pour un climatiseur le but est le refroidissement et on paye le travail du cycle :

$$\eta = \frac{Q_{41}}{W} = \frac{Q_{41}}{-Q_{41} - Q_{23}} \quad (2 \text{ points})$$

C.2.5. Avec  $P_3 = P_2$ ,  $P_4 = P_1$  (1 point),  $T_1^\gamma P_1^{1-\gamma} = T_2^\gamma P_2^{1-\gamma}$  et  $T_3^\gamma P_3^{1-\gamma} = T_4^\gamma P_4^{1-\gamma}$  (2 points) on montre que

$$\eta = \frac{1}{a^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1} \quad (3 \text{ points})$$

## C.3. Utilisation des transitions de phase de l'eau (14 points)

C.3.1. Il va y avoir évaporation de l'eau car la pression de l'eau vapeur doit augmenter pour tendre vers  $P_{sat}$ . Le liquide va alors fournir de la chaleur pour réaliser ce changement d'état, il va se refroidir. (2 points)

C.3.2. Au vu de la valeur numérique de  $T_l$ , très peu d'eau va s'évaporer. Le volume de liquide reste quasiment constant. (2 points)

C.3.3. En considérant l'eau vaporisée comme un gaz parfait qui occupe  $\frac{3}{4}V_0$ ,  $m_{e,v} = \frac{3V_0 P_{sat} M_{eau}}{4RT_{eq}}$ . (1 point)

C.3.4. On a  $m_{\text{liquide}} = \rho \frac{V_0}{4}$ , puis  $\rho \frac{V_0}{4} c_p \Delta T = -L_v m_{e,v}$  (2 points)

Avec  $T_{eq} \approx T_1$  d'après l'hypothèse :

On en déduit  $\Delta T = -\frac{3L_v M_{eau} P_{sat}}{\rho R T_{eq} c_p} \approx -1,1 \cdot 10^{-3}$  K en utilisant l'aide au calcul. (2 points)

C.3.5. L'eau s'évapore. Le système d'évacuation empêche la vapeur d'eau d'atteindre  $P_{sat}$ . L'évaporation se poursuit donc jusqu'à ce que :

- soit on ait épuisé toute l'eau ;
- soit on ait atteint le point triple. (1 point)

C.3.6.  $0 = m c_p dT - dm L_v$  (2 points)

C.3.1.  $m(T) = m_0 \left( \frac{a - bT}{a - bT_0} \right)^{-\frac{c_p}{b}}$  (2 points)

## CHIMIE

### Partie D : À propos de l'élément calcium (42 points)

#### Abondance et propriétés de l'élément calcium (14 points)

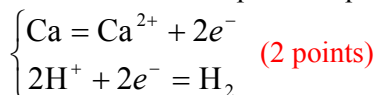
D.1. Ca :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$  (1 point)       $Ca^{2+}$  :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  (1 point)

D.2. Le calcium se trouve dans la deuxième colonne de la classification périodique, (1 point) il fait partie de la famille des alcalino-terreux. (1 point)

D.3.

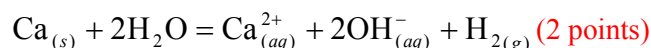
D.3.1. La coloration rose indique la présence de la phénolphaléine sous sa forme basique, le pH est donc supérieur à 10. La solution finale est donc basique. (2 points)

D.3.2. Avec les couples indiqués en donnée :



Le milieu étant basique, on réécrit la seconde :  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 e^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

D'où :



D.4.

D.4.1.  $m_{Ca} = M(\text{Ca}) \times 3 \times \frac{12}{4} \times \frac{1}{M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)} = \frac{40 \times 3}{310} \times 3 \approx 1200$  g (2 points)

D.4.2. En 1 an, on renouvelle  $1200/5 = 240$  g de calcium. Chaque jour, on doit renouveler  $240/360 = 0,666$  g de calcium, donc boire  $666/1110 = (666/1110) = 0,6$  L de lait par jour. (2 points)

## Étude de la dureté d'une eau (28 points)

### D.5. Mise en évidence de la présence d'ions calcium

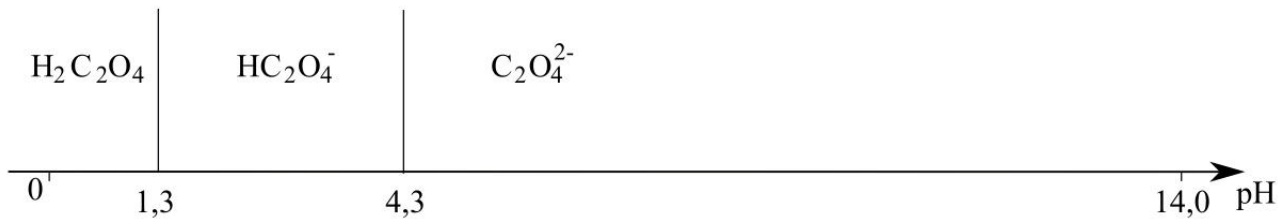
**D.5.1.**  $Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} = CaC_2O_4(s)$ . (2 points) Il y a précipitation si  $[Ca^{2+}]_0 \times [C_2O_4^{2-}]_0 \geq K_s$  (2 points)

**D.5.2.** Faisons l'hypothèse  $V_m \ll V_0$ ,

Il y a précipitation pour  $[Ca^{2+}]_0 \times \frac{C_0 V_m}{V_0 + V_m} = K_s$ , (1 point) avec l'hypothèse :

$V_m \approx \frac{K_s V_0}{[Ca^{2+}]_0 C_0} = 10^{-2}$  mL. (1 point) L'hypothèse était correcte. (1 point) Le test à l'oxalate est pertinent car une goutte d'oxalate d'ammonium suffit à déceler la présence d'ions calcium. (1 point)

**D.5.3.**  $H_2C_2O_4 / HC_2O_4^-$  (1 point) et  $HC_2O_4^- / C_2O_4^{2-}$  (1 point)

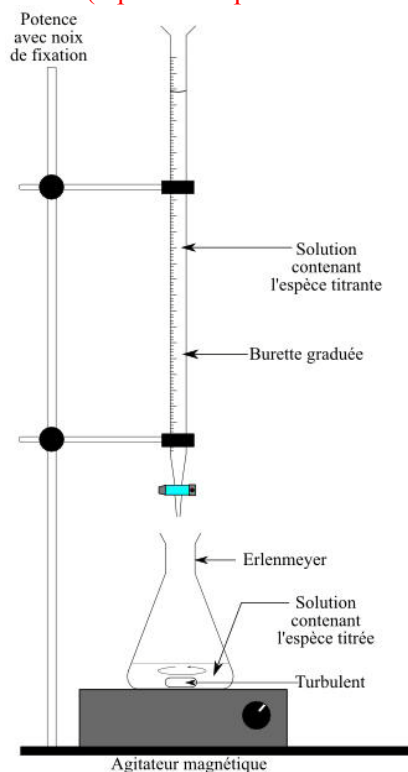


(2 points)

**D.5.4.** Au pH d'une eau usuelle, l'ion oxalate est bien l'espèce majoritaire car  $7 > 4,3 + 1$ . (1 point)

### D.6. Dosage des ions calcium et magnésium

**D.6.1.** (2 points : 1 pour le schéma et 1 pour les annotations)



**D.6.2.**  $Ca^{2+} + Y^{4-} = CaY^{2-}$  (1 point) et  $Mg^{2+} + Y^{4-} = MgY^{2-}$  (1 point)



**D.6.3.** À l'équivalence,  $[Ca^{2+}]_{eau} + [Mg^{2+}]_{eau} = \frac{C_1 V_1}{V_{eau}} = 10,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ . (2 points)

**D.6.4.**  $d=107$ , l'eau est très dure. (2 points)

### D.7. Dosage sélectif des ions $Ca^{2+}$

Sur un nouvel échantillon d'eau de  $V_{eau} = 50,0 \text{ mL}$ , on ajoute de la soude à  $5 \text{ mol.L}^{-1}$  jusqu'à  $\text{pH} = 12$  environ. On ajoute un peu de NET et on dose l'échantillon par l'EDTA comme précédemment. On mesure un nouveau volume équivalent  $V_2 = 4,3 \text{ mL}$ .

**D.7.1.** En utilisant la condition de précipitation, on calcule les  $\text{pH}$  d'apparition de :

-  $Ca(OH)_{2(s)}$   $\text{pH} > 12,8$  (2 points)

- pour  $Mg(OH)_{2(s)}$   $\text{pH} > 10,2$  (2 points)

Graphes récapitulatifs : (1 point)

**D.7.2.**  $[Ca^{2+}]_{eau} = C_1 \frac{V_2}{V_{eau}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  (2 points)

## Partie E : Le dihydrogène et son utilisation (26 points)

### E.1. Étude d'une pile à combustible (8 points)

**E.1.1.**  $2H^+_{(aq)} + 2e^- = H_{2(g)}$  (1 point)  $E_1 = 0,03 \log \frac{[H^+]^2}{P(H_2)}$  (1 point)

**E.1.2.**  $O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- = 2 H_2O$  (1 point)  $E_2 = E^\circ_2 + (0,06/4) \log (P(O_2) \cdot [H^+]^4)$  (1 point)

**E.1.3.**  $2 H_{2(g)} + O_{2(g)} = 2 H_2O$  (1 point)  $E = E_2 - E_1$  (1 point)  $= E^\circ_2 + (0,06/4) \log (P(O_2) \cdot P(H_2)^2)$  (1 point) = 1,23 V. (1 point)

### E.2. Synthèse de l'ammoniac (7 points)

**E.2.1.**  $\Delta_r H^\circ(298 \text{ K}) = E(N \equiv N) - 6 E(N - H) + 3 E(H - H)$  (1 point) = - 50  $\text{kJ.mol}^{-1}$  (1 point) < 0. La réaction est endothermique. (1 point)

**E.2.2.** D'après la loi de Hess et la nullité des enthalpies de formation des corps simples dans leur état standard  $\Delta_f H^\circ(NH_3) = \Delta_r H^\circ(298 \text{ K}) / 2 = 25 \text{ kJ.mol}^{-1}$ . (2 points)

**E.2.3.** Industriellement, la réaction a lieu à 798 K.

$$\Delta_r H^\circ(T) = \Delta_r H^\circ(298 \text{ K}) + \int_{298}^{798} \Delta_r C_p dT \text{ (1 point)}$$

$$= -50\,000 - (2 \times 30 \times 500) = -80 \text{ kJ.mol}^{-1} \text{ (1 point)}$$

### E.3. Cinétique de décomposition de l'ammoniac (11 points)

E.3.1.  $-\frac{d[NH_3]}{dt} = k[NH_3]^n$  (2 points)

E.3.2. En intégrant par séparation des variables :

$[NH_3](t) = \left( [NH_3]_0^{1-n} + (n-1)kt \right)^{\frac{1}{1-n}}$  (3 points)

E.3.3.  $t_{1/2} = \frac{1-2^{n-1}}{k(1-n)} \left( \frac{P_0}{RT} \right)^{1-n}$  (4 points)

E.3.4. En traçant  $\ln P_0$  en fonction de  $\ln t_{1/2}$  on obtient une droite de pente  $1-n$ . On reporte dans la relation précédente pour avoir  $k$ . (2 points)

### Correction annexe

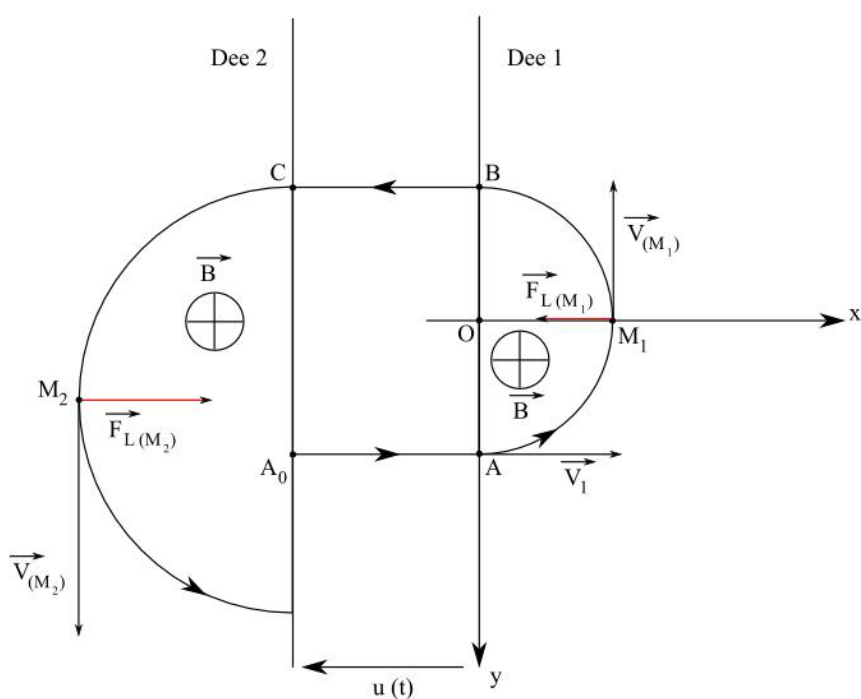


Schéma 1

