

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL : Physique-Chimie

Session 2026, Amérique du Nord, jour 1 | Corrigé indicatif

À utiliser pour réviser, pas pour recopier le jour J.

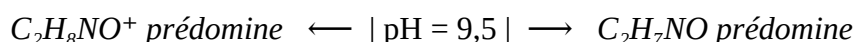
Exercice 1 : valorisation du dioxyde de carbone dans les cimenteries (9 points)

1. Captage du dioxyde de carbone par l'éthanolamine

Q.1. La molécule $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ porte deux groupes caractéristiques : le groupe hydroxyle $-\text{OH}$, qui correspond à la famille des alcools, et le groupe amino $-\text{NH}_2$, qui correspond à la famille des amines.

Q.2. Pour $V = 1,0 \text{ L}$ de solution, la masse de solution vaut $m = d \times \rho_{\text{eau}} \times V = 1,0 \times 1,00 \times 1000 = 1000 \text{ g}$. L'éthanolamine en représente 20 %, soit $0,20 \times 1000 = 200 \text{ g}$. La quantité de matière est $n = m/M = 200/61,0 = 3,28 \text{ mol}$. La concentration vaut donc $C = n/V = 3,28/1,0 \approx 3,3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Q.3. Le diagramme de prédominance se construit autour de la frontière $\text{pH} = \text{pK}_\text{a} = 9,5$. Pour $\text{pH} < 9,5$, la forme acide $\text{C}_2\text{H}_8\text{NO}^+$ prédomine ; pour $\text{pH} > 9,5$, c'est la forme basique $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$. On peut le représenter ainsi sur un axe des pH :



Q.4. Le pH mesuré vaut 11, supérieur à $\text{pK}_\text{a} = 9,5$. D'après le diagramme, c'est donc la forme basique $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$ qui prédomine dans la solution.

Q.5. Le taux d'avancement final s'écrit $\tau = x_f / x_{\text{max}}$.

Q.6. Dans le tableau d'avancement de la réaction $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_8\text{NO}^+ + \text{HO}^-$, l'éthanolamine est introduite en quantité $C \cdot V$ et l'eau est en large excès : l'éthanolamine est le réactif limitant. Si la réaction était totale, l'avancement maximal serait $x_{\text{max}} = C \cdot V$.

Q.7. À l'équilibre, la quantité d'ions HO^- formés est égale à l'avancement final : $[\text{HO}^-] = x_f/V$, donc $x_f = [\text{HO}^-] \cdot V$. Ainsi $\tau = x_f/x_{\text{max}} = [\text{HO}^-] \cdot V / (C \cdot V) = [\text{HO}^-]/C$. Par ailleurs, à partir de $K_\text{e} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HO}^-] / (c^\circ)^2$, on tire $[\text{HO}^-] = K_\text{e} \cdot (c^\circ)^2 / [\text{H}_3\text{O}^+]$. Comme $[\text{H}_3\text{O}^+] = c^\circ \cdot 10^{-(\text{pH})}$, il vient $[\text{HO}^-] = K_\text{e} \cdot c^\circ / 10^{-(\text{pH})}$. En reportant : $\tau = K_\text{e} \cdot c^\circ / (C \cdot 10^{-(\text{pH})})$.

Q.8. $\tau = (1,0 \times 10^{-14} \times 1) / (3,3 \times 10^{-11}) \approx 3,0 \times 10^{-4}$. Cette valeur est très inférieure à 1 : la réaction avec l'eau est très limitée, ce qui confirme que l'éthanolamine est une base faible.

Q.9. L'intermédiaire réactionnel est l'espèce zwitterionique formée à l'étape 1 (l'ion portant à la fois un azote N^+ et le groupement $-\text{C}(=\text{O})-\text{O}^-$). Il est produit à l'étape 1 puis entièrement consommé à l'étape 2 : il n'apparaît ni dans les réactifs ni dans les produits du bilan global.

Q.10. À l'étape 1, le doublet non liant de l'atome d'azote de l'éthanolamine attaque l'atome de carbone du CO_2 . Une première flèche part donc du doublet de l'azote (site donneur, riche en électrons) vers ce carbone (site accepteur, appauvri en électrons car encadré par deux atomes d'oxygène électronégatifs). Une seconde flèche part d'une liaison double $\text{C}=\text{O}$ vers l'atome d'oxygène, qui récupère le doublet. Les flèches courbes vont toujours d'un site riche en électrons vers un site qui en manque.

2. Contrôle qualité d'une solution d'éthanolamine

Q.11. Le facteur de dilution est 50. Pour préparer 250,0 mL de S_{50} , le volume de solution S à prélever vaut $V_S = 250,0/50 = 5,0 \text{ mL}$. On utilise une pipette jaugée de 5,0 mL et une fiole jaugée de 250,0 mL. La verrerie jaugée est choisie pour sa précision, contrairement aux éprouvettes ou aux pipettes graduées.

Q.12. L'équivalence d'un titrage est l'instant où les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation : la quantité de réactif titrant ajouté est alors exactement celle qu'il faut pour consommer tout le réactif titré.

Q.13. On détermine le volume équivalent à partir du saut de pH, repéré par l'extremum de la courbe dérivée $d(\text{pH})/dV$ (ou par la méthode des tangentes sur la courbe $\text{pH} = f(V)$). La lecture donne $VE \approx 14 \text{ mL}$.

Q.14. À l'équivalence, $n(\text{C}_2\text{H}_7\text{NO})$ dans la prise d'essai = $n(\text{H}_3\text{O}^+)$ versé = $CA \cdot VE = 0,10 \times 14 \times 10^{-3} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$. La concentration de S_{50} vaut $C_{50} = n/VB = 1,4 \times 10^{-3} / 25,0 \times 10^{-3} = 0,056 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. La solution S étant 50 fois plus concentrée : $CS = 50 \times 0,056 = 2,8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le titre massique se calcule alors par $w = CS \cdot M / (d \cdot \rho_{\text{eau}}) = (2,8 \times 61,0) / 1000 \approx 0,17$, soit environ 17 %.

Q.15. Le titre obtenu ($\approx 17 \%$) est inférieur à la valeur optimale de 20 %. D'après le tableau, l'efficacité de captation est faible à 15 % et bonne à 20 % : à 17 %, la solution se situe entre les deux. Elle reste donc utilisable pour capter le CO_2 , mais avec une efficacité réduite par rapport à une solution neuve à 20 %. Sa tolérance à la corrosion reste, elle, bonne à acceptable. La solution a vieilli mais peut encore servir, idéalement après réajustement de sa concentration.

3. Production de méthanol à partir du dioxyde de carbone capté

Q.16. L'équation de formation du méthanol s'écrit : $\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$. (Vérification : 1 carbone et 2 oxygènes de chaque côté, 6 hydrogènes de chaque côté.)

Q.17. La masse de dihydrogène à produire est $37\,500 \text{ t} = 3,75 \times 10^7 \text{ kg}$. L'énergie nécessaire vaut $E = 3,75 \times 10^7 \times 55 = 2,06 \times 10^9 \text{ kW} \cdot \text{h}$. Avec une puissance $P = 330 \text{ MW} = 3,3 \times 10^5 \text{ kW}$, la durée est $\Delta t = E/P = 2,06 \times 10^9 / 3,3 \times 10^5 = 6,25 \times 10^3 \text{ h}$, soit environ 6 250 heures (près de 260 jours).

Q.18. Une année compte $365 \times 24 = 8\,760$ heures. La production demande 6 250 h, ce qui est inférieur à 8 760 h. La puissance des électrolyseurs est donc suffisante pour produire les 37 500 tonnes de dihydrogène sur une année.

Exercice 2 : l'effet photoélectrique et ses applications (6 points)

1. Approche historique de l'effet photoélectrique

Q.1. L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière de fréquence suffisamment élevée, au-delà d'une fréquence seuil. La lumière transfère son énergie aux électrons par l'intermédiaire des photons.

Q.2. À la fréquence seuil, l'énergie du photon est juste égale au travail d'extraction : $W_{\text{ext}} = h \cdot \nu_s$, donc $\nu_s = W_{\text{ext}}/h$. Avec $W_{\text{ext}} = 4,3 \times 1,60 \times 10^{-19} = 6,9 \times 10^{-19}$ J, on obtient $\nu_s = 6,9 \times 10^{-19} / 6,63 \times 10^{-34} \approx 1,0 \times 10^{15}$ Hz.

Q.3. La longueur d'onde seuil vaut $\lambda_s = c/\nu_s = 3,00 \times 10^8 / 1,0 \times 10^{15} \approx 2,9 \times 10^{-7}$ m, soit 290 nm. Inférieure à 400 nm, elle appartient au domaine des ultraviolets (UV).

Q.4. La radiation a une longueur d'onde $\lambda = 250$ nm, inférieure à $\lambda_s = 290$ nm, donc une fréquence supérieure à ν_s . L'énergie de ses photons dépasse le travail d'extraction : l'effet photoélectrique se produit.

Q.5. Bilan d'énergie : l'énergie du photon sert d'abord à extraire l'électron, le reste devient de l'énergie cinétique. On écrit $h \cdot \nu = W_{\text{ext}} + \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2$. Comme $W_{\text{ext}} = h \cdot \nu_s$, il vient $h \cdot \nu = h \cdot \nu_s + \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2$, donc $\frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 = h(\nu - \nu_s)$. On en tire $v^2 = 2h(\nu - \nu_s)/m_e$, soit $v = \sqrt{2h(\nu - \nu_s)/m_e}$.

Q.6. La fréquence de la radiation vaut $\nu = c/\lambda = 3,00 \times 10^8 / 250 \times 10^{-9} = 1,20 \times 10^{15}$ Hz. En reportant : $v = \sqrt{[2 \times 6,63 \times 10^{-34} \times (1,20 \times 10^{15} - 1,04 \times 10^{15})] / 9,11 \times 10^{-31}} \approx 4,9 \times 10^5$ m·s⁻¹.

Q.7. Le paramètre qui agit sur la vitesse est la fréquence ν de la radiation (donc sa longueur d'onde). Pour augmenter la vitesse des électrons, il faut augmenter la fréquence, c'est-à-dire diminuer la longueur d'onde. L'intensité lumineuse, elle, ne change pas la vitesse mais seulement le nombre d'électrons émis.

2. Étude d'un panneau photovoltaïque

Q.8. La surface du panneau vaut $S = 1,346 \times 1,112 \approx 1,50$ m². La puissance lumineuse reçue est $Plum = E \times S = 800 \times 1,50 \approx 1,20 \times 10^3$ W. La puissance électrique maximale lue sur la figure 2 pour $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ est d'environ 140 W. Le rendement vaut donc $\eta = P_{\text{élec}}/Plum = 140/1200 \approx 0,12$, soit environ 12 %.

Q.9. Le particulier veut couvrir la moitié de 7 500 kW·h, soit 3 750 kW·h par an. L'énergie reçue par mètre carré et par an est $4,1 \times 365 \approx 1,50 \times 10^3$ kW·h·m⁻². Pour un panneau de 1,50 m² au rendement de 10 %, l'énergie électrique produite par an est $1,50 \times 10^3 \times 1,50 \times 0,10 \approx 225$ kW·h. Le nombre de panneaux nécessaires est $N = 3\,750/225 \approx 16,7$, soit 17 panneaux. Avec environ 1,5 m² chacun, cela représente près de 26 m² de toiture, ce qui reste réaliste pour une maison individuelle.

Exercice 3 : la Wemba-mania (5 points)

Q.1. Selon l'axe Ox, $x = 4,0 \cdot t$ est une fonction affine du temps : la coordonnée $v_x = dx/dt$ est constante. Le mouvement est donc rectiligne et uniforme selon Ox.

Q.2. La coordonnée v_x est le coefficient directeur de la droite $x(t)$ de la figure 2 : $v_x = 4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q.3. Sur la figure 3, l'ordonnée à l'origine de la droite $v_y(t)$ donne la vitesse initiale verticale : $v_{y0} = 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q.4. La vitesse initiale vaut $v_0 = \sqrt{(v_x)^2 + (v_{y0})^2} = \sqrt{(4,0)^2 + (5,0)^2} = \sqrt{41} \approx 6,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. L'angle avec l'horizontale vérifie $\tan \alpha = v_{y0}/v_x = 5,0/4,0 = 1,25$, soit $\alpha \approx 51^\circ$.

Q.5. Le ballon n'est soumis qu'à son poids. La deuxième loi de Newton s'écrit $m \cdot \vec{a} = m \cdot \vec{g}$, d'où $\vec{a} = \vec{g}$. Les coordonnées du vecteur accélération sont $a_x(t) = 0$ et $a_y(t) = -g = -9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Q.6. Selon Ox : $a_x = 0$ donne $v_x = \text{constante} = 4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, puis $x(t) = 4,0 \cdot t$ car $x_0 = 0$. Selon Oy : $a_y = -g$ donne $v_y = -g \cdot t + v_{y0} = -9,8 \cdot t + 5,0$, puis en intégrant $y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_{y0} \cdot t + y_0 = -4,9 \cdot t^2 + 5,0 \cdot t + 3,05$.

Q.7. De $x = 4,0 \cdot t$ on tire $t = x/4,0 = 0,25 \cdot x$. En remplaçant dans $y(t)$: $y = -4,9 \cdot (0,25 \cdot x)^2 + 5,0 \cdot (0,25 \cdot x) + 3,05 = -0,31 \cdot x^2 + 1,3 \cdot x + 3,05$.

Q.8. Le centre du panier est à $x = 4,2 \text{ m}$ et à la hauteur $h = 3,05 \text{ m}$. À cette abscisse, la trajectoire donne $y(4,2) = -0,31 \times 4,2^2 + 1,3 \times 4,2 + 3,05 \approx 3,04 \text{ m}$: le ballon passe bien à la hauteur du cercle. Pour vérifier qu'il ne le touche pas, on cherche l'abscisse où le ballon atteint exactement $3,05 \text{ m}$: $-0,31 \cdot x^2 + 1,3 \cdot x = 0$, soit $x = 1,3/0,31 \approx 4,19 \text{ m}$. Le centre du ballon croise le plan du cercle à $4,19 \text{ m}$, donc à $0,01 \text{ m}$ du centre du panier ($4,2 \text{ m}$). Or, pour passer sans toucher, le centre du ballon doit rester à moins de $(D - d)/2 = (0,45 - 0,25)/2 = 0,10 \text{ m}$ du centre. Comme $0,01 \text{ m} < 0,10 \text{ m}$, le ballon passe sans toucher le cercle : le lancer franc est réussi.

Pour aller plus loin : [Cours particuliers de physique-chimie](#) | [Stage de physique chimie terminale](#)