Corrigé

Épreuve d'enseignement de spécialité — Physique-Chimie

Baccalauréat Général — Session 2026 — Jour 1 — Sujet 26-PYCJ1JA1

Asie

Exercice 1 — Acidité des sols

(9 pts)

Partie 1 — pH d'un sol

Q1. Familles des groupes caractéristiques entourés (annexe)

MÉTHODE

On reconnaît chaque famille au groupe caractéristique : $-OH$ porté par un carbone tétragonal $\rightarrow$ *alcool* ; $-COOH$ $\rightarrow$ *acide carboxylique* ; $C=O$ encadré par deux atomes de carbone $\rightarrow$ *cétone*.

Numéro du groupe caractéristique	Nom de la famille
1	alcool
2	acide carboxylique
3	cétone

RÉPONSE

Groupe **1** : alcool ; groupe **2** : acide carboxylique ; groupe **3** : cétone.

Q2. Famille responsable de l'acidité

Seuls les groupes $-COOH$ peuvent céder un proton H^+ en solution aqueuse.

RÉPONSE

C'est la famille **acide carboxylique** qui contribue à l'acidité de la molécule.

Q3. Formules des espèces 1, 2 et 3

Le diagramme de distribution est lu dans le sens des pH croissants : l'acide le plus protoné prédomine à pH faible, la base la plus déprotonée à pH élevé.

RÉPONSE

Espèce 1 : H_2CO_3 ; Espèce 2 : $HCO_3{}^-$; Espèce 3 : $CO_3{}^{2-}$.

Q4. Comportement acido-basique de l'espèce 2

L'ion $HCO_3{}^-$ est la base conjuguée de H_2CO_3 (couple $H_2CO_3/HCO_3{}^-$) et l'acide conjugué de $CO_3{}^{2-}$ (couple $HCO_3{}^-/CO_3{}^{2-}$) : il peut donc se comporter soit comme un acide, soit comme une base.

RÉPONSE

L'ion $HCO_3{}^-$ est un **ampholyte** (espèce amphotère).

Q5. Expression de la constante d'acidité K_{A1}

Pour le couple $H_2CO_3/HCO_3{}^-$, la réaction avec l'eau s'écrit :

$$\mathrm{H_2CO_3(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons HCO_3{}^-(aq) + H_3O^+(aq)}.$$

RÉPONSE

$$K_{A1} = \frac{[\mathrm{HCO_3}^-]\,[\mathrm{H_3O^+}]}{[\mathrm{H_2CO_3}]\ c^\circ} \qquad \text{avec } c^\circ = 1\mathrm{mol}\cdot\mathrm{L}^{-1}.$$

Q6. Démonstration de la relation $\mathrm{pH} = pK_{A1} + \log\left(\frac{[\mathrm{HCO_3}^-]}{[\mathrm{H_2CO_3}]}\right)$

On part de l'expression de K_{A1}, que l'on réécrit en isolant le rapport des concentrations :

$$K_{A1} = \frac{[\mathrm{HCO_3}^-]}{[\mathrm{H_2CO_3}]} \times \frac{[\mathrm{H_3O^+}]}{c^\circ}.$$

On compose par la fonction $-\log$:

$$-\log K_{A1} = -\log\left(\frac{[\mathrm{HCO_3}^-]}{[\mathrm{H_2CO_3}]}\right) - \log\left(\frac{[\mathrm{H_3O^+}]}{c^\circ}\right).$$

Or $pK_{A1} = -\log K_{A1}$ et $\mathrm{pH} = -\log\left(\frac{[\mathrm{H_3O^+}]}{c^\circ}\right)$, donc :

$$pK_{A1} = -\log\left(\frac{[\mathrm{HCO_3}^-]}{[\mathrm{H_2CO_3}]}\right) + \mathrm{pH}.$$

RÉPONSE

$$\mathrm{pH} = pK_{A1} + \log\left(\frac{[\mathrm{HCO_3}^-]}{[\mathrm{H_2CO_3}]}\right).$$

Q7. Estimation de pK_{A1} à partir de la figure 2

MÉTHODE

Lorsque $[\mathrm{HCO_3}^-] = [\mathrm{H_2CO_3}]$, le rapport vaut 1 et $\log(1) = 0$; la relation précédente donne alors $\mathrm{pH} = pK_{A1}$. On lit donc le pH au point d'intersection des courbes des espèces 1 et 2.

Les courbes de H_2CO_3 (espèce 1) et de HCO_3^- (espèce 2) se croisent (proportions égales à $50\,\%$) pour un pH voisin de $6{,}4$.

RÉPONSE

$pK_{A1} \approx 6{,}4.$

Q8. Espèce prédominante dans la terre de Bruyère ($\mathrm{pH} \approx 5$)

On compare le pH du sol au pK_{A1} :

$$\mathrm{pH} \approx 5 < pK_{A1} \approx 6{,}4.$$

Quand $\mathrm{pH} < pK_{A1}$, la forme acide du couple prédomine, c'est-à-dire $[\mathrm{H_2CO_3}] > [\mathrm{HCO_3}^-]$.

RÉPONSE

Dans la terre de Bruyère, l'espèce prédominante issue du carbone atmosphérique est H_2CO_3.

Partie 2 — Chaulage d'un sol

Q9. Équation de dissolution de $Ca(OH)_2$(s)

RÉPONSE

$$Ca(OH)_2(s) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,HO^-(aq).$$

Q10. Concentration en ions hydroxyde de la solution S

MÉTHODE

On calcule la quantité de $Ca(OH)_2$ dissoute, puis celle des ions HO^- libérés (deux par unité dissoute, la transformation étant totale), enfin la concentration en divisant par le volume.

Quantité de matière dissoute :

$$n_{Ca(OH)_2} = \frac{m}{M} = \frac{0{,}250}{74{,}0} = 3{,}38 \times 10^{-3}\text{mol}.$$

D'après l'équation, $n_{HO^-} = 2\,n_{Ca(OH)_2} = 6{,}76 \times 10^{-3}\text{mol}$, d'où :

$$[HO^-] = \frac{n_{HO^-}}{V} = \frac{6{,}76 \times 10^{-3}}{0{,}200} = 3{,}38 \times 10^{-2}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

RÉPONSE

$[HO^-] = 3{,}38 \times 10^{-2}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q11. pH de la solution S

Le produit ionique de l'eau donne $[H_3O^+]\,[HO^-] = K_e$, donc :

$$[H_3O^+] = \frac{K_e}{[HO^-]} = \frac{1{,}00 \times 10^{-14}}{3{,}38 \times 10^{-2}} = 2{,}96 \times 10^{-13}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{c^\circ}\right) = -\log\left(2{,}96 \times 10^{-13}\right) \approx 12{,}5.$$

RÉPONSE

$\text{pH}_S \approx 12{,}5$ (solution fortement basique).

Q12. Masse d'hydroxyde de calcium nécessaire (démarche)

MÉTHODE

Étape 1 : masse de sol à chauler. *Étape 2* : lecture graphique de la quantité d'ions calcium par 100g pour atteindre $\text{pH} = 6{,}50$. *Étape 3* : quantité totale de $Ca(OH)_2$, puis sa masse.

Étape 1 — Masse de sol. La parcelle a une superficie $S = 1{,}00\text{ha} = 1{,}00 \times 10^4\text{m}^2$ et une épaisseur $e = 10{,}0\text{cm} = 0{,}100\text{m}$:

$$m_c = 1{,}4 \times S \times e = 1{,}4 \times 1{,}00 \times 10^4 \times 0{,}100 = 1{,}4 \times 10^3\text{tonnes} = 1{,}4 \times 10^9\text{g}.$$

Étape 2 — Lecture graphique (figure 3). Pour amener le sol à $\text{pH} = 6{,}50$, il faut apporter environ $n \approx 2{,}5\text{mmol}$ d'ions Ca^{2+} pour 100g de terre. Comme chaque $Ca(OH)_2$ libère un ion Ca^{2+} :

$$n_{Ca(OH)_2}\ (\text{pour } 100\text{g}) \approx 2{,}5 \times 10^{-3}\text{mol}.$$

Étape 3 — Quantité puis masse totales. Le nombre de portions de 100g contenues dans le sol est $\dfrac{1{,}4 \times 10^9}{100} = 1{,}4 \times 10^7$, donc :

$$n_{\text{tot}} = 2{,}5 \times 10^{-3} \times 1{,}4 \times 10^7 = 3{,}5 \times 10^4\text{mol},$$

$$m(Ca(OH)_2) = n_{\text{tot}} \times M = 3{,}5 \times 10^4 \times 74{,}0 \approx 2{,}6 \times 10^6\text{g} \approx 2{,}6\text{tonnes}.$$

RÉPONSE

Il faut épandre environ $m(\mathrm{Ca(OH)_2}) \approx 2{,}6\,\mathrm{tonnes}$ d'hydroxyde de calcium (soit $\approx 2{,}6\,\mathrm{t}\cdot\mathrm{ha}^{-1}$, ordre de grandeur cohérent avec les pratiques de chaulage).

La valeur dépend de la lecture de n sur la figure 3 ($n \approx 2{,}5\,\mathrm{mmol}$) ; une lecture voisine reste acceptée.

Exercice 2 — Satellites de communication

(6 pts)

RAPPEL DE COURS

Le satellite, de masse m, décrit une orbite circulaire géostationnaire de rayon $r = R_T + h$ autour du centre O de la Terre. Repère de Frenet $(S, \vec{u}_N, \vec{u}_T)$ avec $\vec{u}_N$ dirigé vers le centre O.

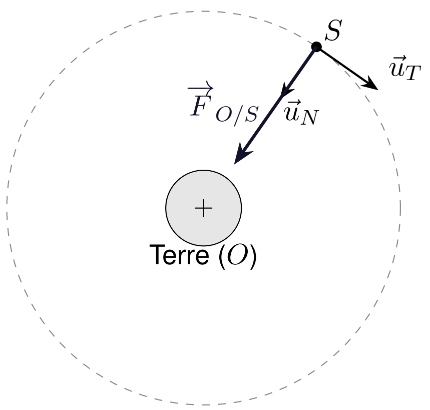
Q1. Référentiel d'étude

RÉPONSE

Le mouvement est étudié dans le **référentiel géocentrique** (centré sur le centre de la Terre, axes dirigés vers des étoiles lointaines), supposé galiléen.

Q2. Représentation de la force $\overrightarrow{F}_{O/S}$ (annexe)

L'interaction gravitationnelle est *attractive* : la force exercée par la Terre sur le satellite est dirigée de S vers le centre O (donc selon $\vec{u}_N$).



RÉPONSE

$\overrightarrow{F}_{O/S}$ est portée par la droite (OS), dirigée de S vers O (sens de $\vec{u}_N$).

Q3. Expression vectorielle de $\overrightarrow{F}_{O/S}$

La distance entre les centres est $r = R_T + h$. La loi de gravitation universelle, projetée dans le repère de Frenet ($\vec{u}_N$ orienté vers O), donne :

RÉPONSE

$$\overrightarrow{F}_{O/S} = \frac{G\,m\,M_T}{(R_T + h)^2}\,\vec{u}_N.$$

Q4. Mouvement circulaire uniforme (2e loi de Newton)

Le satellite n'est soumis qu'à $\overrightarrow{F}_{O/S}$. La deuxième loi de Newton dans le référentiel géocentrique galiléen donne :

$$m\,\vec{a} = \overrightarrow{F}_{O/S} \iff \vec{a} = \frac{G\,M_T}{(R_T + h)^2}\,\vec{u}_N.$$

Dans le repère de Frenet, l'accélération s'écrit $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\,\vec{u}_T + \dfrac{v^2}{R_T + h}\,\vec{u}_N$. Par identification des composantes, la composante tangentielle est nulle :

$$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0.$$

La valeur de la vitesse v est donc constante.

RÉPONSE

La composante tangentielle de l'accélération étant nulle, v est constante : le mouvement circulaire de S est **uniforme**.

Q5. Définition de la période de révolution T

RÉPONSE

La période de révolution T est la durée que met le satellite pour effectuer **un tour complet** de son orbite autour de la Terre.

Q6. Altitude h du satellite géostationnaire

MÉTHODE

La modélisation traduit la 3e loi de Kepler : $\dfrac{T^2}{r^3} = k$, soit $T^2 = k\,r^3$. Pour un satellite géostationnaire, la période est celle de rotation de la Terre : $T = T_T$.

Conversion de la période : $T_T = 23\text{h}\,56\text{min}\,4\text{s} = 23 \times 3600 + 56 \times 60 + 4 = 86\,164\text{s}$.

$$r^3 = \frac{T_T^2}{k} = \frac{(86\,164)^2}{9{,}85 \times 10^{-14}} = \frac{7{,}42 \times 10^9}{9{,}85 \times 10^{-14}} = 7{,}54 \times 10^{22}\text{m}^3.$$

$$r = \left(7{,}54 \times 10^{22}\right)^{1/3} = 4{,}22 \times 10^7\text{m}.$$

$$h = r - R_T = 4{,}22 \times 10^7 - 6{,}38 \times 10^6 = 3{,}59 \times 10^7\text{m} \approx 3{,}6 \times 10^4\text{km}.$$

RÉPONSE

$h \approx 36\,000\text{km}$.

Q7. Comparaison des durées de transmission

Un signal électromagnétique parcourt l'altitude à la célérité c ($\Delta t = \text{distance}/c$).

– Géostationnaire ($h \approx 3{,}59 \times 10^7\text{m}$) :

$$\Delta t_1 = \frac{h}{c} = \frac{3{,}59 \times 10^7}{3{,}00 \times 10^8} \approx 0{,}12\text{s}.$$

– LEO ($h' = 1\,000\text{km} = 1{,}00 \times 10^6\text{m}$) :

$$\Delta t_2 = \frac{h'}{c} = \frac{1{,}00 \times 10^6}{3{,}00 \times 10^8} \approx 3{,}3 \times 10^{-3}\text{s}.$$

Le rapport vaut $\dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \approx \dfrac{0{,}12}{3{,}3 \times 10^{-3}} \approx 36.$

RÉPONSE

La durée de transmission vers le satellite géostationnaire ($\approx 0{,}12\text{s}$) est environ **36 fois plus grande** que celle vers le satellite LEO ($\approx 3{,}3 \times 10^{-3}\text{s}$).

Q8. Avantages et inconvénients (géostationnaire / LEO)

RÉPONSE

Satellite géostationnaire. *Avantages* : il survole toujours la même zone (antenne fixe), couvre une large surface et un petit nombre suffit à couvrir le globe. *Inconvénient* : la durée de transmission est longue ($\approx 0{,}12\,\mathrm{s}$), ce qui ralentit les échanges.

Satellites LEO. *Avantage* : durée de transmission très courte ($\approx 3{,}3 \times 10^{-3}\,\mathrm{s}$), donc échanges rapides, adaptés à internet. *Inconvénients* : il en faut plusieurs milliers en constellation, d'où risques d'encombrement, de pannes, de débris spatiaux et un impact environnemental pointé du doigt.

Exercice 3 — Sécurité acoustique

(5 pts)

RAPPEL DE COURS

Niveau d'intensité sonore : $L = 10\log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$ avec $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\,\mathrm{W \cdot m^{-2}}$. Relation inverse : $I = I_0 \times 10^{L/10}$. Les *intensités* s'additionnent, pas les niveaux.

Q1. Niveau d'intensité sonore L_1

$$L_1 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{3{,}0 \times 10^{-4}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 10\log\left(3{,}0 \times 10^{8}\right) \approx 85\,\mathrm{dB}.$$

RÉPONSE

$L_1 \approx 85\,\mathrm{dB}.$

Q2. Conséquence auditive

D'après l'échelle, un niveau de $85\,\mathrm{dB}$ se situe dans la zone « *Inconfort* » ; c'est aussi le seuil à partir duquel un système de protection (PICB) devient obligatoire.

RÉPONSE

À $85\,\mathrm{dB}$, l'ouvrier ressent un **inconfort** ; le port d'une protection devient obligatoire.

Q3. Niveau total perçu L_{total}

MÉTHODE

On convertit chaque niveau en intensité, on additionne les intensités, puis on reconvertit la somme en niveau sonore.

Intensité du collègue ($L_2 = 80\,\mathrm{dB}$) :

$$I_2 = I_0 \times 10^{L_2/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{8} = 1{,}0 \times 10^{-4}\,\mathrm{W \cdot m^{-2}}.$$

Intensité totale :

$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 = 3{,}0 \times 10^{-4} + 1{,}0 \times 10^{-4} = 4{,}0 \times 10^{-4}\,\mathrm{W \cdot m^{-2}}.$$

$$L_{\text{total}} = 10\log\left(\frac{4{,}0 \times 10^{-4}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 10\log\left(4{,}0 \times 10^{8}\right) \approx 86\,\mathrm{dB}.$$

RÉPONSE

$L_{\text{total}} \approx 86\,\mathrm{dB}.$

Q4. Comparaison des deux protections (figure 1)

Pour les niveaux reçus faibles (80 à 85dB), casque et bouchons offrent une atténuation voisine (≈ 19 à 20dB). En revanche, pour les niveaux élevés ($\geqslant 100\text{dB}$), le casque serre-tête atténue nettement plus ($\approx 34\text{dB}$) que les bouchons ($\approx 26\text{dB}$).

RÉPONSE

Aux faibles niveaux, les deux protections sont équivalentes ; aux niveaux élevés, le **casque serre-tête** est plus efficace (atténuation plus grande).

Q5. Distance d' pour passer sous $L_{\max} = 85\text{dB}$

On utilise la relation admise $L' = L - 10\log\left(\frac{d'}{d}\right)$ avec $L = 110\text{dB}$ et $d = 20\text{m}$, et on impose $L' = 85\text{dB}$:

$$85 = 110 - 10\log\left(\frac{d'}{20}\right) \iff 10\log\left(\frac{d'}{20}\right) = 25 \iff \log\left(\frac{d'}{20}\right) = 2{,}5.$$

$$\frac{d'}{20} = 10^{2,5} \approx 316 \iff d' \approx 6{,}3 \times 10^3\text{m} \approx 6{,}3\text{km}.$$

RÉPONSE

$d' \approx 6{,}3\text{km}$. **Commentaire** : une telle distance est irréaliste dans un atelier ; s'éloigner ne suffit pas, une protection auditive est indispensable.

Q6. Choix de la protection en travail intensif (démarche)

MÉTHODE

On cumule les trois sources (machine de l'ouvrier, outil du collègue, machine d'usinage à 20m) en additionnant les *intensités*, puis on retranche l'atténuation lue sur la figure 1 pour vérifier l'appartenance à l'intervalle acceptable $[65\,;80]\text{dB}$.

Intensité de la machine d'usinage ($L_3 = 110\text{dB}$) :

$$I_3 = I_0 \times 10^{\,110/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{11} = 1{,}0 \times 10^{-1}\text{W}\cdot\text{m}^{-2}.$$

Cette intensité domine très largement I_1 et I_2 ($\sim 10^{-4}$) :

$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3 \approx 1{,}0 \times 10^{-1}\text{W}\cdot\text{m}^{-2} \implies L_{\text{tot}} = 10\log\left(\frac{1{,}0 \times 10^{-1}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) \approx 110\text{dB}.$$

On compare alors les deux protections pour un niveau reçu de 110dB :

Casque serre-tête : $110 - 34 = 76\text{dB} \in [65\,;80]$ ✓ Bouchons : $110 - 26 = 84\text{dB} > 80$ (insuffisant)

RÉPONSE

L'ouvrier doit utiliser le **casque serre-tête** : il ramène le niveau à $\approx 76\text{dB}$, dans l'intervalle acceptable $[65\,;80]\text{dB}$, alors que les bouchons laissent $\approx 84\text{dB}$, supérieur à 80dB.