

Corrigé spé physique-chimie Bac 2025 (Jour 1)

EXERCICE 1

Q1

- **Étape n°1** : *transformation des réactifs* (réaction entre le rouge de phénol et le dibrome).
- **Étape n°2** : *séparation* (isolation du produit brut par élimination du solvant, filtration et séchage).
- **Étape n°3** : *analyse du produit brut* (identification des espèces par chromatographie).
- **Étape n°4** : *analyse du produit brut* (vérification spectroscopique du produit).

Q2

Le chromatogramme montre trois taches distinctes :

- **a** : rouge de phénol (réactif initial),
- **b** : perbromure de pyridinium (réactif permettant la libération de Br_2),
- **c** : produit synthétisé brut.

La présence d'une tache **c** différente des taches **a** et **b** indique qu'un **nouveau composé** s'est formé : une **transformation chimique a donc eu lieu**.

Cependant, la tache **c** est seule dans le chromatogramme du produit brut, ce qui signifie que le produit ne contient **plus de réactifs initiaux détectables** et **semble pur** dans les conditions de la chromatographie utilisée.

Q3

Les spectres d'absorption du **BBP de référence** et du **produit synthétisé brut** présentent des **bandes d'absorption aux mêmes longueurs d'onde**, en particulier un **maximum commun** dans la zone visible.

Cette **superposition des pics** indique que le produit brut absorbe la lumière comme le BBP, ce qui **justifie qu'il contient bien du BBP**.

Q4

Une autre méthode permettant d'identifier le produit brut est la **spectrométrie de masse**, qui permet de déterminer la **masse molaire** du composé et de la comparer à celle attendue pour le BBP.

Q5

Le couple acide-base étudié est : $\text{BH}_2(\text{aq})/\text{BH}^-(\text{aq})$

L'expression de la constante d'acidité est :

$$K_A = \frac{[\text{BH}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{BH}_2] \times c^\circ}$$

avec $c^\circ = 1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Q6

À partir de l'expression de la constante d'acidité :

$$K_A = \frac{[\text{BH}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{BH}_2] \times c^\circ}$$

on applique la définition du $\text{p}K_A$:

$$\text{p}K_A = -\log K_A$$

D'où :

$$K_A = 10^{-\text{p}K_A}$$

En prenant le logarithme décimal de l'expression de K_A :

$$\log K_A = \log\left(\frac{[\text{BH}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{BH}_2] \times c^\circ}\right)$$

Ce qui donne :

$$\log K_A = \log\left(\frac{[\text{BH}^-]}{[\text{BH}_2]}\right) + \log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^\circ}\right)$$

Or $\text{p}H = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ donc :

$$\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\text{p}H$$

D'où :

$$-\text{p}K_A = \log\left(\frac{[\text{BH}^-]}{[\text{BH}_2]}\right) - \text{p}H - \log c^\circ$$

Comme $c^\circ = 1$, alors $\log c^\circ = 0$, on obtient :

$$\text{p}H = \text{p}K_A + \log\left(\frac{[\text{BH}^-]}{[\text{BH}_2]}\right)$$

Q7

L'équivalence d'un titrage est atteinte lorsque les quantités de réactifs introduits sont en proportions stœchiométriques exactes.

À ce point, tout le réactif titré a réagi avec le réactif titrant, il ne reste alors que les produits dans le milieu réactionnel.

Q8

Le volume à l'équivalence V_E correspond au maximum de la courbe $\frac{dpH}{dV}$.

En observant le graphe, ce maximum est atteint pour $V_E = 14,8$ mL.

Q9

À la demi-équivalence, on a versé la moitié du volume de solution basique nécessaire pour atteindre l'équivalence.

Cela signifie que la moitié de l'acide BH_2 a été transformée en base BH^- , et l'autre moitié reste sous forme acide.

Les quantités de matière de BH_2 et de BH^- sont donc égales, et comme le volume de solution est identique, on a :

$$[BH^-] = [BH_2]$$

Q10

$$pH = pK_A$$

On lit sur la courbe que pour $V = 7,4$ mL (demi-équivalence), on a $pH = 3,8$

Donc :

$$pK_A = 4,0$$

Q11

Valeur mesurée : $pK_A = 4,0$

Valeur tabulée : $pK_{A,ref} = 4,1$

Incertitude-type : $u(pK_A) = 0,3$

On calcule le quotient :

$$\frac{|pK_A - pK_{A,ref}|}{u(pK_A)} = \frac{|4,0 - 4,1|}{0,3} = \frac{0,1}{0,3} \approx 0,33$$

Comme ce quotient est inférieur à 1, la valeur mesurée est compatible avec la valeur tabulée.

Donc, le produit de synthèse purifié est compatible avec la présence de BBP.

Q12

Le spectre d'absorption de la forme acide du BBP (figure 2) montre un maximum d'absorbance autour de 430 nm.

D'après le cercle chromatique (figure 3), une solution qui absorbe principalement dans le bleu (environ 430 nm) apparaîtra de la couleur complémentaire : le jaune.

Ainsi, la forme acide du BBP, présente à $pH = 2,0$, est de couleur jaune.

Q13

Pour obtenir une solution d'acide chlorhydrique de $pH = 2,0$, il faut calculer la concentration $[H_3O^+]$:

$$[H_3O^+] = c \times 10^{-pH} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Il faut donc préparer une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Concentration de la solution commerciale :

$$\rho = 1,18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}, t_m = 37 \%, M = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n = \frac{\rho \times t_m}{M} = \frac{1,18 \times 0,37 \times 1\,000}{36,5} \approx 11,9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

On cherche à diluer cette solution mère ($c_m = 11,9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) pour obtenir $c_f = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dans $V_f = 200,0 \text{ mL}$.

Formule de dilution : $c_m \times V_m = c_f \times V_f$

$$V_m = \frac{c_f \times V_f}{c_m} = \frac{1,0 \times 10^{-2} \times 200,0}{11,9} \approx 0,17 \text{ mL}$$

Or, le matériel disponible commence à 1,0 mL. Il est donc impossible de prélever ce petit volume avec précision en une seule dilution.

Il faut donc procéder à **au moins deux dilutions successives** pour obtenir la solution de $pH = 2,0$.

Q14

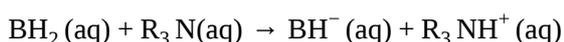
La molécule de N,N-diméthylméthanamine comporte un atome d'azote lié à deux groupes méthyle (CH_3) et à un groupe méthylène (CH_2), formant la structure $CH_3-N(CH_3)-CH_2$.

Cela correspond à la molécule B.

Q15

La transformation est une réaction acide-base entre le BBP sous forme acide ($BH_2(aq)$) et la N,N-diméthylméthanamine ($R_3N(aq)$), une base.

L'équation modélisant cette réaction est :



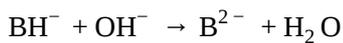
Cette réaction explique le changement de couleur observé : passage de la forme acide (jaune) à la forme basique (bleue) du BBP.

Q16

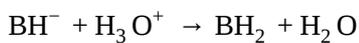
Une espèce est dite amphotère si elle peut agir à la fois comme un acide (donneur de proton) et comme une base (accepteur de proton).

L'ion BH^- est amphotère car :

- en présence d'une base forte comme OH^- , il peut céder un proton pour former B^{2-} , donc se comporter comme un acide :



- en présence d'un acide, il peut capter un proton pour reformer BH_2 , donc se comporter comme une base :



Ainsi, BH^- peut jouer les deux rôles et est donc amphotère.

Q17

Le temps de demi-réaction correspond à la durée nécessaire pour que la concentration du réactif limitant, ici BH^- , soit divisée par deux.

D'après le graphique, la concentration initiale est $[\text{BH}^-] = 5,6 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, donc on cherche le temps pour atteindre $2,8 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On lit sur le graphique que cela se produit pour $t_{1/2} = 755 \text{ s}$, soit environ 13 minutes.

Cette durée est adaptée à un emballage intelligent :

- elle est suffisante pour permettre une observation visible du changement de couleur,
- elle n'est ni trop rapide ni trop lente pour suivre l'évolution de la fraîcheur sur plusieurs heures ou jours.

La concentration en BH^- diminue avec le temps, donc la couleur bleue (forme basique) s'estompe progressivement, signalant la dégradation du poisson.

La transformation est donc compatible avec l'usage prévu dans une pastille intelligente.

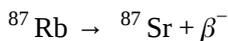
EXERCICE 2

Q1

Des noyaux isotopes sont des noyaux ayant le même nombre de protons (même numéro atomique Z), mais un nombre différent de neutrons (donc un nombre de masse A différent).

Q2

D'après le diagramme (N, Z) , le rubidium 87 se désintègre en strontium 87. L'équation de désintégration est :



Q3

Cette désintégration est une désintégration β^{-} : un neutron est transformé en proton avec émission d'un électron (β^{-}) et d'un antineutrino.

Q4

Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents se sont désintégrés.

Q5

On cherche le nombre n tel que :

$$\frac{5,8 \times 10^{20}}{2^n} \geq 2,0 \times 10^9$$

Cela revient à résoudre :

$$2^n \leq \frac{5,8 \times 10^{20}}{2,0 \times 10^9} = 2,9 \times 10^{11}$$

On remarque que :

$$2^{38} \approx 2,75 \times 10^{11}$$

$$2^{39} \approx 5,5 \times 10^{11}$$

Donc le nombre maximal de demi-vies est $n = 38$ (car $2^{38} \leq 2,9 \times 10^{11} < 2^{39}$)

Q6

Le rubidium 87 est adapté pour dater un échantillon de 1 g de roche car :

- sa demi-vie est très longue ($t_{1/2} = 49,2 \times 10^9$ ans), donc il reste détectable sur des durées comparables à l'âge de la Terre,
- et un échantillon de 1 g contient suffisamment d'atomes pour permettre une mesure fiable pendant environ 38 demi-vies, soit un nombre en milliards d'années.

Q7

On a l'équation différentielle :

$$\frac{dN_{\text{Rb}}(t)}{dt} = -\lambda \times N_{\text{Rb}}(t)$$

Proposons comme solution : $N_{\text{Rb}}(t) = N_{\text{Rb}}(0) \times e^{-\lambda t}$

Sa dérivée est : $\frac{dN_{\text{Rb}}(t)}{dt} = -\lambda \times N_{\text{Rb}}(0) \times e^{-\lambda t} = -\lambda \times N_{\text{Rb}}(t)$

Donc $N_{\text{Rb}}(t)$ est bien solution de l'équation différentielle.

Q8

À l'instant t_f , il reste N_{min} noyaux.

On a donc : $N_{\text{min}} = N_{\text{Rb}}(0) \times e^{-\lambda t_f}$

On en déduit :

$$t_f = \frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{N_{\text{Rb}}(0)}{N_{\text{min}}}\right)$$

Q9

Avec $N_{\text{Rb}}(0) = 5,8 \times 10^{20}$, $N_{\text{min}} = 2,0 \times 10^9$ et $\lambda = 1,41 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$:

$$t_f = \frac{1}{1,41 \times 10^{-11}} \times \ln\left(\frac{5,8 \times 10^{20}}{2,0 \times 10^9}\right) \approx \frac{1}{1,41 \times 10^{-11}} \times \ln(2,9 \times 10^{11})$$

$$\ln(2,9 \times 10^{11}) \approx \ln(10^{11}) + \ln(2,9) \approx 11 \times \ln(10) + 1,06 \approx 25,39$$

$$t_f \approx \frac{25,39}{1,41 \times 10^{-11}} \approx 1,80 \times 10^{12} \text{ ans}$$

Cette valeur est cohérente avec la réponse à la Q6, qui donnait 38 demi-vies de $49,2 \times 10^9$ ans, soit $1,87 \times 10^{12}$ ans.

Q10

Pour chaque noyau de rubidium 87 désintégré, un noyau de strontium 87 est formé.

Donc :

$$N_{\text{Sr formé}}(t) = N_{\text{Rb}}(0) - N_{\text{Rb}}(t)$$

Q11

En remplaçant $N_{\text{Rb}}(t)$ par $N_{\text{Rb}}(0) \times e^{-\lambda t}$, on obtient :

$$N_{\text{Sr formé}}(t) = N_{\text{Rb}}(0) - N_{\text{Rb}}(0) \times e^{-\lambda t} = N_{\text{Rb}}(0)(1 - e^{-\lambda t})$$

En factorisant différemment, cela donne aussi :

$$N_{\text{Sr formé}}(t) = N_{\text{Rb}}(0) \times (e^{\lambda t} - 1)$$

Q12

L'équation de la droite obtenue est : $y = 0,7105 + 0,0042 \times x$

Or, d'après l'équation 3 : $y = b + (e^{\lambda t} - 1) \times x$, donc $(e^{\lambda t} - 1) = 0,0042$

On isole t :

$$e^{\lambda t} = 1 + 0,0042 \Rightarrow \lambda t = \ln(1 + 0,0042)$$

$$\lambda t = \ln(1,0042) \approx 0,00419$$

Donc :

$$t = \frac{0,00419}{1,41 \times 10^{-11}} \approx 2,97 \times 10^8 \text{ ans}$$

L'âge de la roche est donc : $t_{\text{roche}} \approx 297$ millions d'années.

Exercice 3

Q1

L'unité du produit η_C (viscosité dynamique) doit équilibrer l'équation : $f = \alpha \times \eta_C \times v$

f est une force, en newton : $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

α est une longueur en mètre (m), v est une vitesse en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\text{Donc : } [\eta_C] = \frac{\text{N}}{\text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

L'unité de la viscosité est donc le pascal-seconde : $\text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$

Q2

L'expression de la force de frottement est $f = -\alpha \times \eta_C \times v$.

Cette force est proportionnelle à la vitesse v .

Donc si v augmente, alors la valeur de f augmente.

Q3

À la vitesse limite, la bille est en mouvement rectiligne uniforme, donc l'accélération est nulle.

La somme des forces est donc nulle :

- poids : $P = m \times g$ vers le bas,

- poussée d'Archimède : $F_A = \rho_h \times V_b \times g$ vers le haut,

- force de frottement : $f = \alpha \times \eta_C \times v_{\text{lim}}$ vers le haut.

À l'équilibre :

$$P = F_A + f$$

Q4

Équilibre des forces à la vitesse limite :

$$m \times g = \rho_h \times V_b \times g + \alpha \times \eta_C \times v_{\text{lim}}$$

Or $m = \rho_b \times V_b$, donc :

$$\rho_b \times V_b \times g = \rho_h \times V_b \times g + \alpha \times \eta_C \times v_{\text{lim}}$$

$$\Rightarrow \alpha \times \eta_C \times v_{\text{lim}} = V_b \times g \times (\rho_b - \rho_h)$$

Avec $V_b = \frac{4}{3}\pi r^3$:

$$\alpha \times \eta_C \times v_{\text{lim}} = \frac{4}{3}\pi r^3 \times g \times (\rho_b - \rho_h)$$

Q5

L'expression de la viscosité est :

$$\eta_C = \frac{g \times V_b \times (\rho_b - \rho_h)}{\alpha \times v_{\text{lim}}}$$

$$\text{avec } V_b = \frac{4}{3}\pi r^3$$

Application numérique :

$$\eta_C = \frac{9,81 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (0,993 \times 10^{-3})^3 \times (1,06 \times 10^3 - 8,31 \times 10^2)}{1,92 \times 10^{-2} \times 5,37 \times 10^{-3}}$$

$$\eta_C \approx 0,089 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$$

La viscosité mesurée de l'huile C est donc $\eta_C \approx 0,089 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$.

Q6

Valeur de référence : $\eta_{\text{ref}} = 0,093$, incertitude-type $u(\eta_C) = 0,003$

Calcul du quotient :

$$\frac{|\eta_C - \eta_{\text{ref}}|}{u(\eta_C)} = \frac{|0,091 - 0,093|}{0,003} \approx 0,67$$

Comme ce quotient est inférieur à 1, les deux valeurs sont compatibles.

Donc la mesure expérimentale est en accord avec la valeur de référence.

Q7

Deuxième loi de Newton :

$$a = \frac{P + F_A + f}{m} = g\left(1 - \frac{\rho_h V_b}{m}\right) - \frac{\alpha \eta_C}{m} \times v$$

Comme $m = \rho_b V_b$, on obtient :

$$a = g\left(1 - \frac{\rho_h}{\rho_b}\right) - \frac{\alpha\eta_C}{\rho_b V_b} \times v$$

Q8

L'équation différentielle devient :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{3\alpha\eta_C}{4\rho_b \pi r^3} \times v = g\left(1 - \frac{\rho_h}{\rho_b}\right)$$

Q9

D'après l'énoncé :

$$\tau = \frac{4\rho_b \pi r^3}{3\alpha\eta_C}$$

On remplace par les valeurs :

$$\tau = \frac{4 \times 1,06 \times 10^3 \times \pi \times (0,993 \times 10^{-3})^3}{3 \times 1,92 \times 10^{-2} \times 0,093} \approx 10,1 \text{ s}$$

La vitesse est pratiquement égale à v_{lim} pour $t \geq 3\tau \approx 30 \text{ s}$.

En 30 s, la bille tombe à une vitesse constante $v_{\text{lim}} = 5,37 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, donc elle parcourt $d \approx 0,161 \text{ m} = 16,1 \text{ cm}$.

Or, la hauteur du tube est 15 cm, donc la bille a atteint la vitesse limite avant la fin du tube.

On peut donc considérer que la vitesse de la bille est constante pendant la chute.