

الاسم:
الرقم:

مسابقة في مادة الكيمياء
المدة: ساعتان

Cette épreuve est constituée de trois exercices. Elle comporte quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Traiter les trois exercices suivants :

Premier exercice (7 points)
Cinétique chimique

Dans une séance de travaux pratiques, on décide d'identifier deux composés organiques avant de réaliser l'étude cinétique de la réaction entre ces deux composés.

Ces deux composés sont des liquides et chacun d'eux se trouve dans un flacon dont l'étiquette porte les indications suivantes :

Acide carboxylique saturé non cyclique: HA

Flacon (1)

Monoalcool saturé non cyclique ; $M = 74 \text{ g.mol}^{-1}$

Flacon (2)

Donnée : Masses molaires en g.mol^{-1} : $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{C}) = 12$; $M(\text{O}) = 16$.

1- Identification de l'acide HA

On prélève du flacon (1) une masse $m = 5,0 \text{ g}$ d'acide HA et on la dissout dans l'eau distillée de telle façon à avoir un volume de $500,0 \text{ mL}$ d'une solution qu'on note (S_1).

On dose un volume $V_a = 20,0 \text{ mL}$ de (S_1) par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration molaire $C_b = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équation de la réaction de dosage est : $\text{HA} + \text{HO}^- \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$

- 1.1- Déterminer la concentration molaire de la solution (S_1), sachant que le volume de base ajoutée à l'équivalence est $V_{bE} = 16,6 \text{ mL}$.
- 1.2- Déduire la masse molaire de l'acide HA.
- 1.3- Identifier l'acide HA.

2- Identification du contenu du flacon (2)

On réalise l'oxydation ménagée de l'alcool contenu dans le flacon (2) en présence d'un excès d'oxydant.

On obtient un composé organique qui donne un précipité jaune – orangé avec la 2,4-D.N.P.H mais ne réagit pas avec la liqueur de Fehling.

- 2.1- Montrer que la formule brute de cet alcool est $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.
- 2.2- Identifier cet alcool.

3- Evolution temporelle

On maintient, à une température constante T, huit erlenmeyers numérotés 1, 2, 3...8, contenant chacun un mélange de 0,20 mol de l'acide HA et 0,20 mol de l'alcool du flacon (2).

Ces erlenmeyers sont tous préparés à l'instant $t = 0$ et on dose d'heure en heure l'acide restant dans le mélange. On détermine la quantité d'ester formé après chaque dosage. Les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

t (heure)	1	2	3	4	5	6	7	15
n (ester) (10^{-2} mol)	4,5	7,8	10	11,2	11,7	12	12	12

3.1- Ecrire la formule semi-développée du composé organique obtenu dans cette réaction et nommer le.

3.2- Tracer la courbe représentant la variation de la quantité d'ester formé au cours du temps :
 $n(\text{ester}) = f(t)$ dans l'intervalle de temps $[0 - 7 \text{ heures}]$.

Prendre les échelles suivantes : 2 cm pour 1 heure en abscisses et 1 cm pour $1,0 \cdot 10^{-2}$ mol en ordonnées.

3.3- Déterminer la vitesse de formation de l'ester à $t = 3$ heures.

3.4- On reprend l'étude cinétique réalisée ci-avant avec une seule modification : chaque erlenmeyer est préparé en mélangeant 0,20 mol de l'acide HA, 0,20 mol de l'alcool du flacon (2) et quelques gouttes d'un catalyseur (source d'ions H^+).

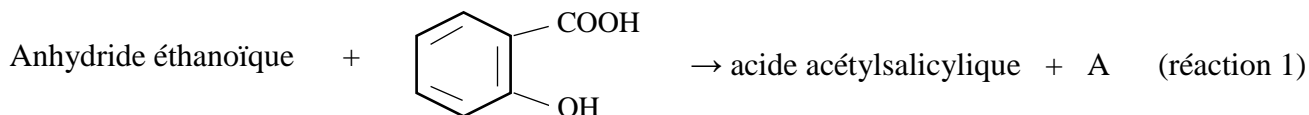
Tracer, sur le même graphe de la question 3.2, l'allure de la courbe $n(\text{ester}) = g(t)$. Justifier.

Deuxième exercice (6 points)

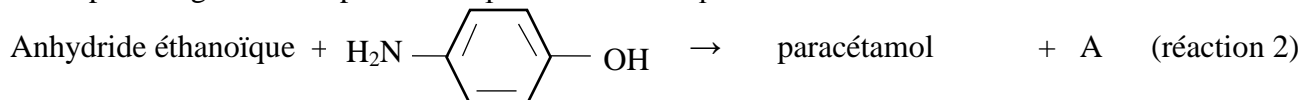
Anhydride éthanoïque

L'anhydride éthanoïque, $(CH_3 - CO - O - CO - CH_3)$, est un composé organique qui participe à la création de nouvelles fonctions en chimie organique.

Il réagit avec l'acide salicylique selon l'équation :



Comme il peut réagir avec le para-aminophénol selon l'équation :



1- Préparation de l'anhydride éthanoïque

On peut préparer l'anhydride éthanoïque à partir de l'acide éthanoïque en présence d'un déshydratant fort P_2O_5 .

1.1- Ecrire l'équation de cette réaction.

1.2- Préciser l'intérêt de la présence de P_2O_5 dans cette transformation chimique.

2- A propos des réactions 1 et 2

2.1- Nommer le groupe fonctionnel créé dans la molécule de l'acide acétylsalicylique.

2.2- Ecrire la formule semi-développée du composé A.

2.3- Indiquer l'effet, sur le rendement de la réaction 1, si l'anhydride éthanoïque est remplacé par l'acide éthanoïque. Justifier.

3- Préparation du paracétamol

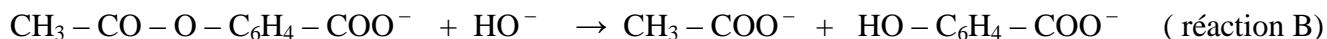
On dissout une masse m contenant $3,3 \cdot 10^{-2}$ mol de para-aminophénol dans un milieu acide et on lui ajoute, goutte à goutte, un excès d'anhydride éthanoïque.

On recueille, à la fin de la préparation, une quantité de paracétamol pur équivalente à $2,5 \cdot 10^{-2}$ mol.

- 3.1- Écrire la formule structurale du paracétamol.
- 3.2- Déterminer le rendement de cette réaction.

4- Acide acétylsalicylique et hydroxyde de sodium

L'action d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium sur l'acide acétylsalicylique donne lieu à deux types de réactions chimiques :



- 4.1- Attribuer à chacune des réactions A et B deux qualificatifs parmi les suivants : acido-basique, oxydo-réduction, hydrolyse en milieu basique (saponification), lente ou rapide.
- 4.2- Nommer les ions produits dans la réaction B.

Troisième exercice (7 points)

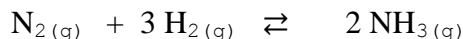
L'ammoniac NH_3

L'ammoniac, NH_3 , est un gaz incolore et irritant. Outre ses propriétés usuelles de réfrigérant, il sert à la synthèse de nombreux autres composés utilisés comme engrais...

Dans cet exercice, on va aborder sa synthèse industrielle ainsi que sa présence dans un produit d'entretien.

1- Synthèse industrielle de l'ammoniac

Dans l'industrie, la synthèse de l'ammoniac s'effectue en phase gazeuse selon l'équilibre suivant :



Dans un réacteur, on introduit un mélange de n mol de gaz N_2 et $3n$ mol de gaz H_2 en présence d'un catalyseur solide à base de fer métallique.

Cette synthèse est réalisée sous une pression $P = 250$ bar et à la température de 450°C .

- 1.1- Indiquer le type de cette catalyse. Justifier.
- 1.2- Donner la composition molaire du mélange obtenu à l'équilibre en fonction de n et α , où α est le coefficient de transformation de N_2 à l'équilibre.
- 1.3- Préciser comment faut-il agir sur la pression P pour augmenter le coefficient de transformation α du gaz diazote N_2 .

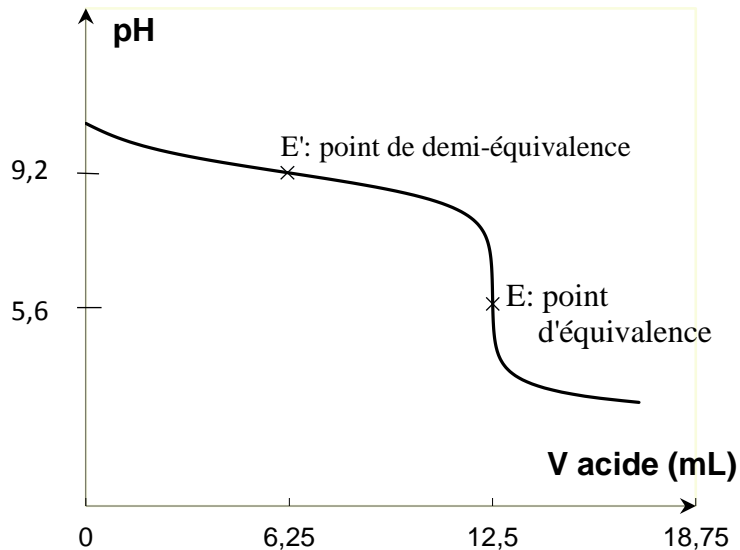
2- Produit d'entretien à base d'ammoniac

Une solution commerciale « *Ammoniaque Alkali* » est une solution d'ammoniac idéale pour nettoyer les tapis, enlever les taches de gras, raviver les couleurs de certains tissus...

Dans le but de déterminer le pourcentage massique de cette solution commerciale en ammoniac, on procède de la façon suivante :

- On dilue cette solution commerciale 650 fois ; la solution obtenue est notée (S).
- On réalise, à 25 °C, un dosage pH-métrique d'un volume $V_S = 10,0$ mL de la solution (S) par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) de concentration $C = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Ce dosage permet de tracer la courbe ci-dessous représentant la variation du pH en fonction du volume de l'acide ajouté.



- 2.1- Tirer, du graphe, deux critères qui montrent que NH_3 est une base faible.
- 2.2- Ecrire l'équation de la réaction de dosage.
- 2.3- Déterminer la concentration molaire C_S de la solution (S) en ammoniac.
- 2.4- Dédire la concentration molaire de la solution commerciale « *Ammoniaque Alkali* » en ammoniac.
- 2.5- Calculer le pourcentage massique de l'ammoniac dans cette solution commerciale, sachant que sa masse volumique est égale à 0,92 g/mL.
On donne : $M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g.mol}^{-1}$.
- 2.6- Dégager, du graphe, le pK_a du couple $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$.
- 2.7- Dans le but de préparer une solution tampon de $\text{pH} = 9,2$, on propose de réaliser les deux mélanges suivants :

25 mL de la solution d'acide chlorhydrique de concentration C + 40 mL de la solution (S) de concentration C_S .

Mélange (a)

25 mL de la solution d'acide chlorhydrique de concentration C + 60 mL de la solution (S) de concentration C_S .

Mélange (b)

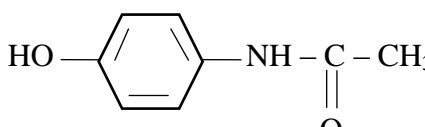
Choisir, de ces deux mélanges, celui qui amène à cette solution tampon. Justifier.

Premier exercice (7 points)

Question	Réponse	Note
1.1	<p>A l'équivalence : $n(\text{OH}^-)$ ajouté = $n(\text{HA})$ apporté dans le bécher</p> $C_b \cdot V_{bE} = C_a \cdot V_a$ <p>Concentration de la solution (S) est : $C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a} = \frac{0,2 \cdot 16,6}{20} = 16,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$</p>	0.75
1.2	<p>$n(\text{HA})$ dans 500 mL de solution = $\frac{16,6}{2} \cdot 10^{-2} = 8,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$</p> <p>Masse molaire de l'acide : $M(\text{HA}) = \frac{m(\text{HA})}{n(\text{HA})} = \frac{5}{8,3 \cdot 10^{-2}} = 60,2 \text{ g.mol}^{-1}.$</p>	0.75
1.3	<p>HA est un acide alcanoïque, sa formule générale de est $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2.$</p> <p>$M(\text{HA}) = 14n + 32 = 60,2$; d'où $n = 2.$</p> <p>L'acide HA est l'acide éthanoïque de formule $\text{CH}_3\text{COOH}.$</p>	0.75
2.1	<p>La formule générale d'un monoalcool saturé non cyclique est $\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH}.$</p> <p>$M(\text{alcool}) = 14x + 18 = 74$; d'où $x = 4$ et la formule brute de cet alcool est $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}.$</p>	0.5
2.2	<p>Le produit de l'oxydation ménagée de l'alcool est une cétone car il donne un précipité jaune avec la 2,4-D.N.P.H mais ne réagit pas avec la liqueur de Fehling.</p> <p>D'où l'alcool est secondaire. Sa formule est $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$</p> <p>Son nom est le butan-2-ol.</p>	1
3.1	<p>la formule semi-développée du composé organique obtenu est :</p> $\text{CH}_3 - \underset{\text{O}}{\text{C}} - \text{O} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$; son nom est l'éthanoate de 1-méthylpropyle.	0.5
3.2	<p>La courbe est :</p> <p>The graph plots the amount of ester $n(\text{ester}) \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ on the vertical axis against time $t(\text{heures})$ on the horizontal axis. The vertical axis has major ticks every 2 units from 0 to 14. The horizontal axis has major ticks every 1 unit from 0 to 8. A smooth curve starts at the origin (0,0) and increases, eventually leveling off at a value of approximately 12. A straight line is drawn tangent to the curve at $t = 3$. A point B is marked on the curve at $t = 3$. A point A is marked on the y-axis at approximately 5.5.</p>	1

3.3	<p>La vitesse de formation de l'ester est : $v = \frac{dn(\text{ester})}{dt}$ à $t = 3$ heures.</p> <p>Elle est le coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse 3 heures. $A(0 ; 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol})$ et $B(3 \text{ heures}; 10 \cdot 10^{-2} \text{ mol})$</p> $V = \tan \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{(10 - 5) \cdot 10^{-2}}{3} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$	1
3.4	<p>La présence du catalyseur acide augmente la vitesse de cette réaction.</p> <p>A tout instant t, $n(\text{ester})$ formé (en présence de H^+) est supérieur que $n(\text{ester})$ formé (en absence de H^+).</p>	0.75

Deuxième exercice (6 points)

Question	Réponse	Note
1.1	Equation de cette réaction : $2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	0.75
1.2	P_2O_5 est un fort déshydratant, absorbe l'eau formée dans cette réaction de déshydratation, déplace l'équilibre dans le sens de formation de l'anhydride et rend la réaction totale.	0.5
2.1	Fonction chimique créée dans la réaction 1 : fonction ester.	0.5
2.2	Si l'acide éthanoïque remplace son anhydride, le rendement dans la réaction 1 diminue car elle devient limitée.	0.75
2.3	La formule de A est CH_3COOH	0.5
3.1	La formule structurale du paracétamol est : 	0.5
3.2	Rendement de cette réaction : $R = \frac{n(\text{paracétamol})_{\text{expérimental}}}{n(\text{paracétamol})_{\text{théorique}}} = \frac{n_1}{n_2}$ Avec $n_1 = 0,025 \text{ mol}$ et $n_2 = n(\text{paraaminphénol})_{\text{initial}} = 0,033 \text{ mol}$. Donc R sera égale à 0,757, soit un rendement de 75,7 %.	1
4.1	Réaction A : acido-basique et rapide. Réaction B : hydrolyse en milieu basique et lente.	1
4.2	Les ions produits sont: $\text{CH}_3 - \text{COO}^-$: Ion éthanoate $\text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COO}^-$: ion salicylate.	0.5

Troisième exercice (7 points)

Question	Réponse	Note
1.1	Cette catalyse est hétérogène car le catalyseur et les réactifs forment deux phases : solide + gaz	0.5
1.2	N_2 : $n(1 - \alpha)$ mol ; H_2 : $3n(1 - \alpha)$ mol et NH_3 : $2n\alpha$ mol	1
1.3	Pour augmenter le coefficient de transformation α du gaz diazote N_2 , il faut manipuler de telle façon à favoriser le sens de formation de NH_3 (sens de diminution de n (mélange) gazeux) ; donc il faut augmenter la pression sous laquelle la synthèse est réalisée (principe de Le Chatelier).	1
2.1	Les deux critères sont : - La courbe présente 2 points d'inflexion. - Le pH à l'équivalence est inférieur à 7,0.	0.5
2.2	L'équation de la réaction de dosage est : $H_3O^+ + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + H_2O$	0.5
2.3	A l'équivalence : $n(H_3O^+)$ versé = $n(NH_3)$ apporté dans V_S $C \cdot V_E = C_S \cdot V_S$ D'où la concentration de la solution (S) est : $C_S = \frac{C \cdot V_E}{V_S} = \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 12,5}{10} = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$	1
2.4	Concentration de la solution commerciale est : $C_0 = C_S \cdot F$ où F est le facteur de dilution. $C_0 = 0,01 \cdot 650 = 6,5 \text{ g.mol}^{-1}$	0.5
2.5	% massique de la solution commerciale en $NH_3 = \frac{C_0 \cdot M(NH_3)}{\mu(solution) \cdot 10}$ avec $\mu(solution) = 0,92 \text{ g/mL}$; d'où % en $NH_3 = 12,0 \%$	1
2.6	$pK_a(NH_4^+ / NH_3) = pH$ (mélange) à la demi-équivalence	0.25
2.7	Pour avoir une solution tampon de $pH = 9,2$, il faut que le rapport des volumes de la base et de l'acide soit égal à $6,25 / 10$. Le mélange (a) est convenable car le rapport en question est $25 / 40$ soit $6,25 / 10$.	0.75