

الاسم:  
الرقم:مسابقة في مادة الكيمياء  
المدة: ساعتان

Cette épreuve est constituée de **trois exercices**. Elle comporte trois pages numérotées de **1 à 3**.

L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

**Traiter les trois exercices suivants :**

### Premier exercice (6 points)

#### Passage du lait à une protéine

Le lactose principal glucide du lait de formule moléculaire  $C_{12}H_{22}O_{11}$  se dégrade pour donner l'acide lactique de formule semi développée :  $CH_3 - CH - C - OH$ .



**Données :**

- Masse molaire de l'acide lactique :  $M = 90 \text{ g.mol}^{-1}$
- Le lait caillé lorsque la teneur en acide lactique dépasse  $5 \text{ g.L}^{-1}$
- Le Lait est frais lorsque la teneur en acide lactique est inférieure à  $1,8 \text{ g.L}^{-1}$

#### I- Étude de la formule semi développée de l'acide lactique

Recopier sur la feuille des réponses la formule semi développée de l'acide lactique.

- 1- Encercler les deux groupes fonctionnels dans la molécule de l'acide lactique et donner les noms correspondants.
- 2- Donner le nom systématique de l'acide lactique.
- 3- Justifier l'existence de deux énantiomères de l'acide lactique. Représenter ces deux énantiomères d'après Cram.
- 4-

#### II- Dosage de l'acide lactique dans un lait

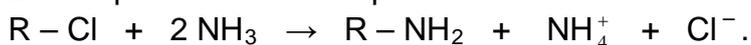
On dose l'acide lactique (acide faible noté HA) dans 20 mL d'un lait par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_b = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . L'équivalence est atteinte lorsque le volume versé de la solution d'hydroxyde de sodium est  $V_{bE} = 11,9 \text{ mL}$ .

- 1- Écrire l'équation de la réaction du dosage.
- 2- Calculer la concentration de l'acide lactique dans le lait étudié.
- 3- En déduire si ce lait peut être considéré comme du lait frais ou comme du lait caillé.

#### III- Passage de l'acide lactique à un acide $\alpha$ -aminé

Un alcool  $R - OH$ , traité par le chlorure d'hydrogène, donne un produit chloré  $R - Cl$  selon la réaction d'équation :  $R - OH + HCl \rightarrow R - Cl + H_2O$ .

Le composé  $R - Cl$  traité par l'ammoniac donne une amine selon la réaction d'équation :



- 1- Écrire les équations des deux réactions permettant de passer de l'acide lactique à l'acide 2-aminopropanoïque.
- 2- Écrire, en se référant aux réactions ci-dessus, l'équation de la réaction de condensation permettant de donner le dipeptide à partir de l'acide 2-aminopropanoïque.

## Deuxième exercice (7 points)

### Un aldéhyde : l'éthanal

L'éthanal est un composé organique très utilisé dans l'industrie chimique.

Il peut être préparé par réaction d'hydratation de l'éthyne de formule  $\text{CH} \equiv \text{CH}$ . Il participe à la préparation de l'éthanol, de l'acide éthanoïque, de certains solvants organiques, de produits pharmaceutiques, ... .

Les températures de fusion et d'ébullition de l'éthanal sont respectivement :  $\theta_f = -123 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $\theta_{\text{éb}} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### I- Quelques propriétés de l'éthanal

- 1- Préciser l'état physique de l'éthanal à la température de  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 2- Indiquer un test chimique permettant d'identifier le caractère réducteur de l'éthanal et noter l'observation correspondante attendue.
- 3- Écrire l'équation de la réaction permettant de préparer l'acide éthanoïque à partir de l'éthanal. Nommer cette réaction d'oxydation.
- 4- Écrire l'équation de la réaction de préparation de l'éthanal à partir de l'éthyne.

#### II- Cinétique de la réaction de décomposition de l'éthanal

En phase gazeuse, l'éthanal se décompose à température élevée  $T = 780 \text{ K}$ , suivant la réaction d'équation :  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{CH}_4_{(g)} + \text{CO}_{(g)}$

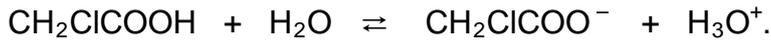
L'étude cinétique de cette réaction a été réalisée en introduisant  $n_0$  mol de  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ , dans un récipient de volume  $V$  constant préalablement vidé. On mesure la pression totale  $P_t$  qui règne dans le récipient en fonction du temps. Cette étude menée à  $T = 780 \text{ K}$  donne les résultats suivants :

Temps $t$ (min)	0	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100
$P_t(10^3\text{Pa})$	24,0	28,0	30,8	33,0	34,8	37,4	38,8	40,0	41,0	42,4	43,2

- 1- Exprimer le nombre total de moles  $n_t$  en fonction de  $n_0$  et  $x$  où  $x$  représente le nombre de moles de  $\text{CH}_4$  formé à un instant  $t$ .
- 2- Expliquer l'élévation de la pression  $P_t$  au cours du temps.
- 3- Calculer la pression totale  $P_t$  à la fin de la réaction dans le récipient.
- 4- Tracer, sur un papier millimétré, la courbe représentant la variation de la pression  $P_t$  en fonction du temps :  $P_t = f(t)$ . Prendre les échelles suivantes : abscisses (1 cm pour 10 min) ; ordonnées (1 cm pour  $4 \times 10^3 \text{ Pa}$ )
- 5- Déterminer, graphiquement, le temps de demi-réaction.

**Troisième exercice (7 points)**  
**Dilution d'une solution d'acide faible**

L'acide chloroacétique est un acide faible qui réagit avec l'eau selon l'équation suivante :



**I- Étude d'une solution de cet acide**

On prépare 100 mL d'une solution (S) en dissolvant 0,01 mol d'acide chloroacétique dans l'eau distillée.

Le pH de cette solution est 1,93.

- 1- Calculer la concentration C de la solution (S) en acide chloroacétique.
- 2- Établir la relation suivante:  $\alpha = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$  où  $\alpha$  représente le degré de dissociation de l'acide chloroacétique dans l'eau. Calculer  $\alpha$ .
- 3- Montrer que le  $\text{pK}_a$  du couple acide chloroacétique/ion chloroacétate est environ 2,81.

**II- Allure de la courbe de dosage de (S) par une base forte**

On réalise un suivi pH-métrique en ajoutant progressivement une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ), de concentration  $C_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , dans un bécher contenant un volume  $V = 20 \text{ mL}$  de la solution (S).

- 1- Calculer le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
- 2- Préciser les coordonnées du point de demi-équivalence.
- 3- Déduire le tracé de l'allure de la courbe :  $\text{pH} = f(V_1)$ , ( $V_1$  est le volume de la solution basique ajoutée pour réaliser ce suivi.  $V_1$  varie de 0 à 40 mL), sachant que le pH du mélange obtenu est égal à :
  - \* 7,78 à l'équivalence ;
  - \* 12,5 après avoir ajouté 40 mL de la solution basique .

Prendre les échelles suivantes :

abscisses (1 cm pour 2 mL) ; ordonnées (1 cm pour 1 unité du pH)

**III- Effet de la dilution de la solution (S)**

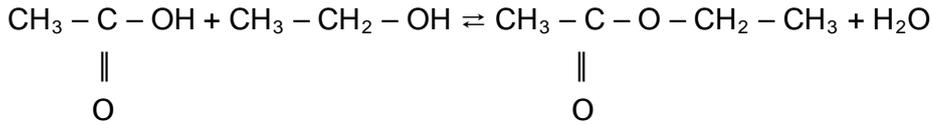
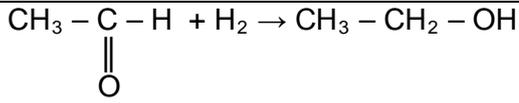
On dilue dix fois un échantillon de la solution (S). Le pH de la solution obtenue (S') est égal à 2,53.

- 1- Calculer la concentration C' de la solution (S') en acide chloroacétique.
- 2- Déduire l'influence de la dilution de la solution (S) sur le degré de dissociation de l'acide chloroacétique dans l'eau.
- 3- On réalise, de nouveau, un suivi pH-métrique en ajoutant progressivement une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$  dans un bécher contenant 20 mL de la solution (S')  
.La valeur du pH obtenu à l'équivalence, dans ce suivi, est comprise entre : 7 et 7,78.  
Justifier.

Réponse attendue	Note	Commentaire
<p>I-</p> <p>1- <math>\text{CH}_3 - \underset{\substack{  \\ \text{OH}}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH}</math> groupe carboxyle</p> <p>groupe hydroxyle</p> <p>2- Le nom systématique de l'acide lactique est : l'acide 2-hydroxypropanoïque.</p> <p>3- Le carbone 2 de la chaîne carbonée est lié à quatre substituants distincts : H ; CH<sub>3</sub> ; OH et COOH. Ce carbone est alors asymétrique et il y a deux énantiomères de l'acide lactique représentés comme suit :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>H</p> <p> </p> <p>C</p> <p>  /  \ CH<sub>3</sub>  OH</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>H</p> <p> </p> <p>C</p> <p>  /  \ OH  COOH</p> <p>          CH<sub>3</sub></p> </div> </div>	0,25x4  0,5  0,5  0,5	
<p>II-</p> <p>1- L'équation de la réaction de dosage est : <math>\text{HA} + \text{HO}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{A}^-</math></p> <p>2- À l'équivalence, la quantité de matière de l'acide lactique dans 20 mL du lait est égale à la quantité de matière de l'hydroxyde dans V<sub>bE</sub>. Or <math>n_{\text{en mol}} = C_{\text{en mol/L}} \times V_{\text{en L}}</math>. D'où : <math>C_a V_a = C_b V_{bE}</math> et par suite</p> $C_a = \frac{5 \times 10^{-2} \times 11,9}{20} = 2,925 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ <p>3- La teneur du lait en acide lactique est : <math>C_m = C_a M = 2,925 \times 10^{-2} \times 90 = 2,63 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}</math>. 1,8 &lt; 2,63 &lt; 5. Le lait n'est ni frais ni caillé.</p>	0,5 0,25x2   0,25x2	Explication 0,25
<p>III-</p> <p>1- Les équations des réactions :</p> $\text{CH}_3 - \underset{\substack{  \\ \text{OH}}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3 - \underset{\substack{  \\ \text{Cl}}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3 - \underset{\substack{  \\ \text{Cl}}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3 - \underset{\substack{  \\ \text{NH}_2}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH} + \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$ <p>2- L'équation de la réaction de condensation est :</p> $\text{CH}_3 - \underset{\substack{  \\ \text{NH}_2}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH} + \text{H}_2\text{N} - \underset{\substack{  \\ \text{CH}_3}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 - \underset{\substack{  \\ \text{NH}_2}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{N} - \underset{\substack{  \\ \text{H}}}{\text{CH}} - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	0,5  0,5  1	

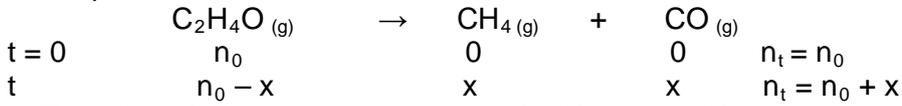
**Deuxième exercice (7 points)**  
**Un aldéhyde, l'éthanal**

Réponse attendue	Note	Commentaire
<p>I-1- À 18 ° C l'éthanal est à l'état liquide car cette température est comprise entre - 123 ° C (température de fusion de l'éthanal) et 21 ° C (température d'ébullition de l'éthanal).</p> <p>2- L'éthanal est un réducteur, le test à la liqueur de Fehling donnant un précipité rouge brique identifie ce caractère réducteur.</p> <p>3- Les équations des réactions permettant de passer de l'éthanal à l'éthanoate d'éthyle sont :</p> $\text{CH}_3 - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{H} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \overset{\substack{   \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OH}$	0,5  0,25x2  0,5	0 sans explication  N'importe quel autre test correct est acceptable



II-

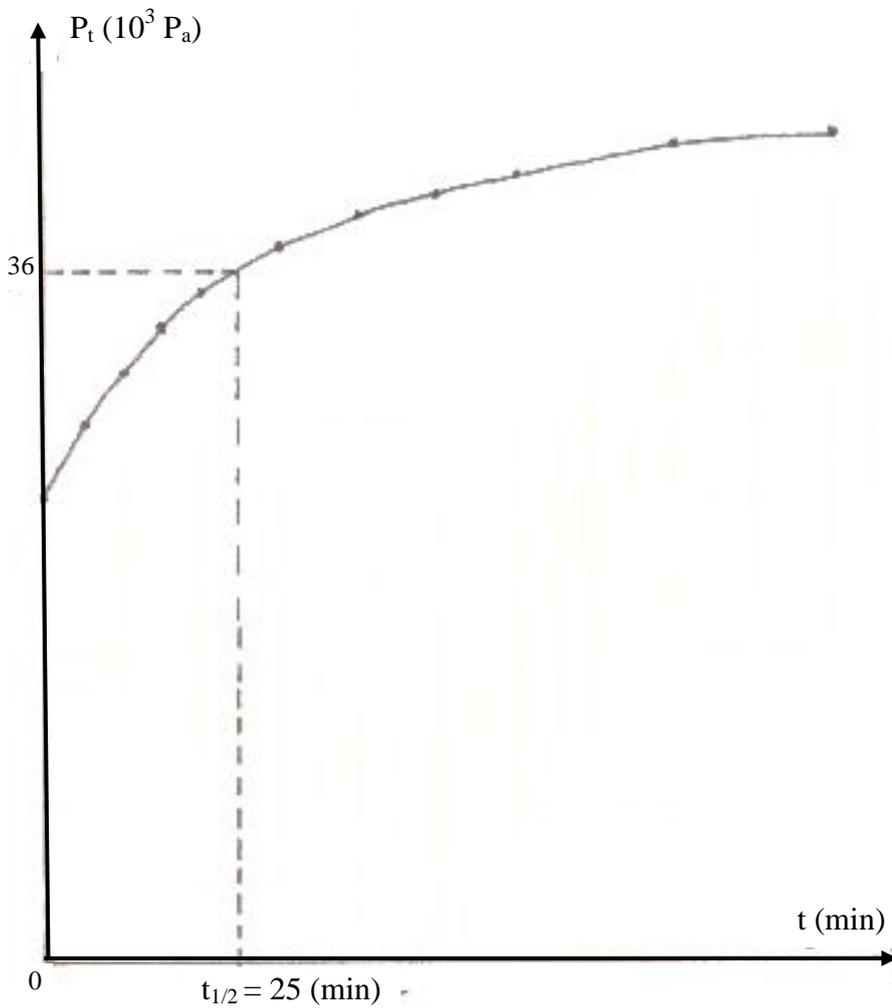
1- L'équation de la réaction est :



2- Travaillant à  $T = \text{cte}$  et  $V = \text{cte}$ , d'après l'équation d'état du gaz parfait :  $PV = nRT$ ,  $P_t$  est directement proportionnelle à  $n_t$ , comme  $n_t$  augmente durant le temps  $P_t$  augmente.

3- A la fin de la réaction, on a :  $n_{t\infty} = 2 n_0$  ; d'où  $P_{t\infty} = 2 P_0 = 2 \times 24 \cdot 10^3 = 48 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ .

4-



5- Le temps de demi-réaction est le temps au bout duquel le nombre de moles d'éthanal se réduit de  $n_0$  à sa moitié  $n_0/2$  et  $P_{t_{1/2}} = \frac{3}{2} P_0 = 36 \times 10^3 \text{ Pa}$ . Graphiquement On a :  $t_{1/2} = 25 \text{ min}$ .

0,5

0,5

1

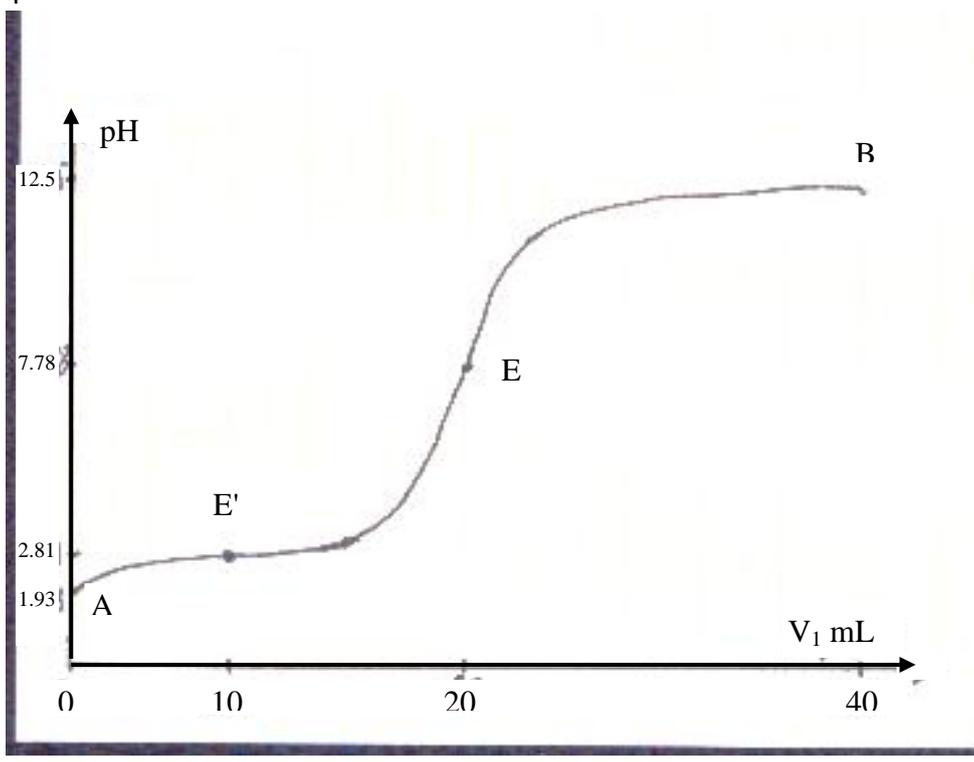
0,5

0,5

1

1,5

**Troisième exercice (7 points)**  
**Dilution d'une solution d'un acide faible**

Réponse attendue	Note	Commentaire								
<p>I-</p> <p>1- La concentration de la solution est donnée par :</p> $C = n_{\text{mol (soluté)}} / V_{\text{L (solution)}} = \frac{0,01}{0,1} = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}.$ <p>2- D'après l'équation de la réaction de l'acide avec l'eau :</p> $\text{CH}_2\text{ClCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_2\text{ClCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ <table style="margin-left: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">t = 0</td> <td style="text-align: center; padding-right: 10px;">C</td> <td style="text-align: center; padding-right: 10px;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>t</td> <td style="text-align: center;">C(1 - α)</td> <td style="text-align: center;">Cα</td> <td style="text-align: center;">Cα</td> </tr> </table> <p>on tire : <math>[\text{H}_3\text{O}^+] = C\alpha</math>. D'où : <math>\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C} = 0,12</math></p> <p>3- La constante <math>K_a</math> a pour expression : <math>K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{CH}_2\text{ClCOO}^-]}{[\text{CH}_2\text{ClCOOH}]}</math></p> $\frac{(10^{-1,93})^2}{0,1 - 10^{-1,93}} = 10^{-2,81} \text{ et } \text{p}K_a = 2,81.$	t = 0	C	0	0	t	C(1 - α)	Cα	Cα	<p>0,5</p> <p>1</p> <p>0,75</p>	
t = 0	C	0	0							
t	C(1 - α)	Cα	Cα							
<p>II-</p> <p>1- À l'équivalence <math>n_{\text{acide chloroéthanoïque dans 20 mL}} = n_{\text{HO}^- \text{ ajouté.}}</math></p> <p>D'où : <math>V_{\text{bE}} = \frac{C_A \cdot V}{C_1} = \frac{0,1 \cdot 20}{0,1} = 20 \text{ mL.}</math></p> <p>2- Les coordonnées du point de demi-équivalence E' sont : <math>\text{pH} = \text{p}K_a = 2,81</math> et <math>V = \frac{V_{\text{bE}}}{2} = 10 \text{ mL.}</math></p> <p>3- La courbe admet deux points d'inflexion : E (20 – 7,78) et E' (10 – 2,81) et passe par les deux points : A (0 – 1,93) et B (40 – 12,5).</p>	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1,5</p>									
<p>4-</p> 										

<p>III-</p> <p>1- Puisque la solution est diluée dix fois, la concentration de la solution diluée <math>C' = C/10 = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}</math>.</p>	0.5	
<p>2- <math>\alpha' = \frac{10^{-2,53}}{10^{-2}} = 0,295 &gt; \alpha</math>. La dilution fait augmenter le degré de dissociation de l'acide chloroacétoïque.</p>	0.75	
<p>3- À l'équivalence, les espèces majoritaires sont les mêmes que dans le dosage précédent, <math>\text{Na}^+</math> indifférent et <math>\text{CH}_2\text{ClCOO}^-</math> a un caractère basique mais avec une concentration plus faible que la précédente ; le pH reste donc supérieur à 7 mais inférieur à 7,78.</p>	1	