nom :

| TS 1 et 4 | **CONTRÔLE DE SCIENCES PHYSIQUES** | 28/02/04 |
|---|---|---|

Lors de la correction il sera tenu compte de la présentation et de la rédaction de la copie.
Les réponses seront **expliquées** et données sous forme **littérale** puis **numérique** quand les données du texte le permettent.

## CHIMIE Des ions dans l'eau (9 points, les parties A et B sont indépendantes)

### PARTIE A : L'eau distillée, eau "pure" ?

L'eau distillée du laboratoire de chimie d'un lycée a un pH égal à 5,1 à 25°C.
Cette apparente anomalie est interprétée en admettant que cette eau a dissous une faible quantité de dioxyde de carbone provenant de l'air atmosphérique.

Le dioxyde de carbone dissous $CO_{2\,(aq)}$ (ou $CO_{2\,(aq)} + H_2O$) se comporte en fait comme un acide de Brönstedt, sa base conjuguée étant l'ion hydrogénocarbonate $HCO_{3\,(aq)}^-$. Le $pK_A$ du couple $CO_{2\,(aq)} + H_2O$ / $HCO_{3\,(aq)}^-$ est égal à 6,4 à 25°C.

La réaction entre $CO_2$ et $H_2O$ a pour équation : $CO_{2\,(aq)} + 2\,H_2O = HCO_{3\,(aq)}^- + H_3O^+$.

**Les ions présents**

1. Donner l'expression du produit ionique de l'eau. En déduire le pH d'une eau parfaitement pure à 25 °C ? /0,5

2. Rappeler la définition d'un acide selon Brönstedt. /0,25

3. Placer les domaines de prédominance des espèces chimiques du couple du dioxyde de carbone sur un axe gradué en pH. Quelle est l'espèce majoritaire dans la solution ? /0,5

4. Calculer la valeur numérique du rapport $\frac{[HCO_{3\,(aq)}^-]_f}{[CO_{2\,(aq)}]_f}$ dans l'eau étudiée. /0,5

**Avancement de la réaction entre le dioxyde de carbone et l'eau**

5. En notant $n_0$ la quantité de matière de dioxyde de carbone dissoute dans 0,60 L d'eau distillée, compléter le tableau descriptif de l'évolution du système. /0,25

| **équation de la réaction** | | $CO_{2\,(aq)}$ + 2 $H_2O$ = $HCO_{3\,(aq)}^-$ + $H_3O^+$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **état du système** | **avancement** | quantités de matières, en mol | | | |
| état initial | 0 | | | | |
| état intermédiaire | $x$ | | | | |
| état final | $x_f$ | | | | |

6. Calculer les concentrations $[H_3O^+]_f$ et $[HCO_{3\,(aq)}^-]_f$ des ions dans l'état final. En déduire la valeur numérique de l'avancement final $x_f$. /0,5

7. À partir de l'expression de la constante d'acidité, déterminer la concentration $[CO_{2\,(aq)}]_f$. En déduire la quantité de matière correspondante. /0,5

8. Déduire des résultats précédents la quantité $n_0$ de dioxyde de carbone dissout. /0,5

9. Déterminer le taux d'avancement final $\tau$ de la transformation. /0,5

10. Quel volume de $CO_2$ à l'état gazeux a été dissout à 25°C et sous pression p= $10^5$ Pa dans 0,60 L d'eau distillée ? /0,5

**Détermination des concentrations par conductimétrie**

11. À partir du pH mesuré, calculer la concentration $[HO^-]_f$ des ions hydroxyde. /0,25

12. Exprimer la conductivité de la solution en fonction des concentrations des divers ions et des conductivités molaires ioniques correspondantes. Montrer que l'on peut négliger la contribution des ions $HO^-$. /0,5

13. La conductivité de l'eau est $\sigma$ = 0,313 mS·m$^{-1}$. Calculer les concentrations $[H_3O^+]_f$ et $[HCO_{3\,(aq)}^-]_f$. /0,5

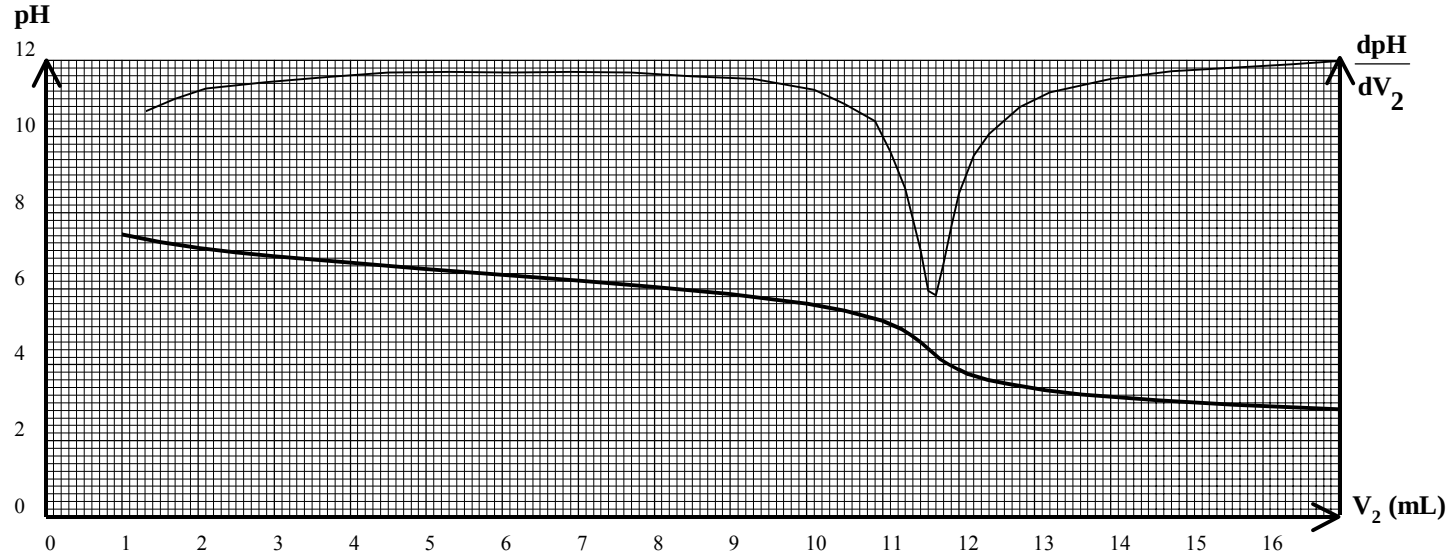
Données: R= 8,314 J·mol$^{-1}$ K$^{-1}$ ; Constante d'équilibre d'autoprotolyse : Ke= $10^{-14}$ à 25°C.

Conductivités molaires ioniques à 25 °C, en mS·m$^2$·mol$^{-1}$ $\lambda(HO_{(aq)}^-)$ = 19,86 $\lambda(H_3O^+)$ = 34,98 $\lambda(HCO_{3\,(aq)}^-)$ = 4,45

## PARTIE B : Titrage des ions hydrogénocarbonate d'une eau

On a simulé ci-dessous le titrage d'un volume $V_1 = 20{,}0$ mL d'une solution contenant des ions hydrogénocarboate $HCO_{3(aq)}^-$ à la concentration $C_1$ par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_2 = 1{,}0 \cdot 10^{-2}$ mol·L$^{-1}$.

Sur le graphe ci-après figurent les valeurs du pH en fonction du volume $V_2$ d'acide ajouté, ainsi que l'allure de la fonction dérivée $\frac{dpH}{dV_2}$.




1. On étudie le mélange obtenu après avoir versé un volume $V_2 = 8{,}0$ mL, le pH de la solution est alors égal à 6,0.

1.a. Calculer la concentration $[H_3O^+]_f$ des ions oxonium dans la solution et la quantité de matière $n(H_3O^+)_f$ correspondante. /0,5

1.b. Calculer la quantité de matière $n_V$ d'ions $H_3O^+$ versés. /0,25

1.c. La réaction peut-elle servir de support à un titrage ? /0,5

2.a. Définir l'équivalence d'un titrage. /0,25

2.b. Compléter le tableau descriptif de la réaction en utilisant les notations du texte ($V_1$, $C_1$, $V_2$ ou $V_{2,équiv}$ et $C_2$). /0,25

| **équation de la réaction** | | $HCO_{3(aq)}^-$ + $H_3O^+$ = $CO_{2(aq)}$ + 2 $H_2O$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **état du système** | **avancement** | quantités de matières, en mol | | | |
| état initial | 0 | | | | |
| état intermédiaire | $x$ | | | | |
| équivalence | $x_{équiv}$= <br> $x_{équiv}$= | | | | |

2.c. En déduire la relation entre $V_1$, $C_1$, $V_{2,équiv}$ et $C_2$. /0,25

2.d. Déterminer $V_{2,équiv}$ et la concentration molaire en ions hydrogénocarbonate dans l'eau minérale. /1,25

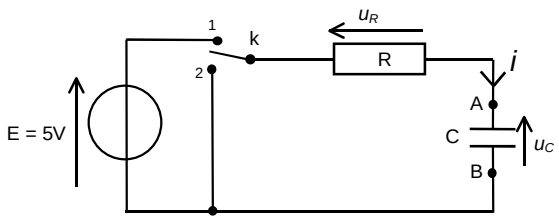
Données à 25°C :

| couple acide/base | $pK_A$ |
|---|---|
| $CO_{2(aq)} + H_2O$ / $HCO_{3(aq)}^-$ | 6,4 |
| $H_3O^+ / H_2O$ | 0,0 |
| $H_2O / HO_{(aq)}^-$ | 14,0 |

nom :

**PHYSIQUE Étude de la décharge d'un condensateur** (11 points)

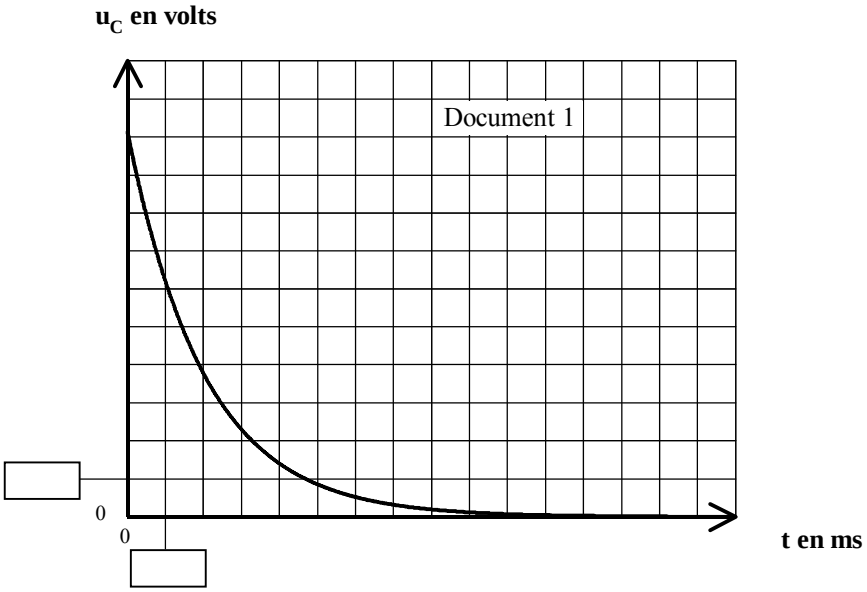
*Le montage ci-contre permet d'étudier l'évolution de la tension $u_C$ aux bornes d'un condensateur de capacité C en série avec une résistance R. Le commutateur (interrupteur à plusieurs positions) a deux positions possibles repérées par* 1 et 2. *Une interface, reliée à un ordinateur, permet de saisir les valeurs instantanées de cette tension $u_C$.*




***Initialement, le commutateur est depuis longtemps en position 2 et le condensateur est déchargé.***

1.1. Représenter sur le schéma du montage les branchements de l'oscilloscope a réaliser pour visualiser la tension $u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps. /0,5

1.2. Comment faut-il manipuler le commutateur pour obtenir la courbe du **document 1 ci-dessous** donnant l'évolution de la tension $u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps ? /1




2.

2.1. En respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit :

2.1.1. écrire la relation entre l'intensité i du courant et la tension $u_R$ ; /0,25

2.1.2. écrire la relation entre la charge q de l'armature A du condensateur et la tension $u_C$ ; /0,5

2.1.3. écrire la relation entre l'intensité i et la charge q ; /0,5

2.1.4. écrire la relation entre les tensions $u_R$ et $u_C$ lors de la décharge ; /0,5

2.2. En déduire que, lors de la décharge, l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C$ est de la forme :

$$u_C + \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{du_C}{dt} = 0$$ /1

2.3. Identifier le rapport $\frac{1}{\alpha}$. /0,5

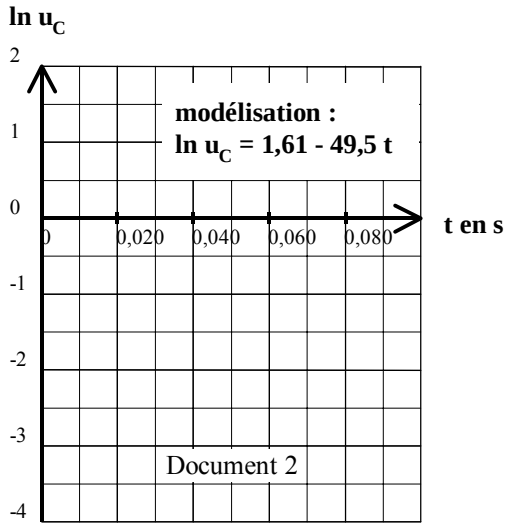
2.4. *Ce rapport est appelé constante de temps $\tau$ du dipôle RC.*
En recherchant son unité, justifier cette appellation. /0,5

3. *La solution de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme :* $u_C(t) = U \cdot e^{-\alpha t}$ *. La tension $u_C$ est exprimée en volts.*

3.1. Établir l'expression du logarithme népérien de la valeur numérique de la tension $u_C$, notée ln $u_C$. /0,5

3.2. Montrer que la représentation de ln $u_C$ en fonction du temps doit être une droite décroissante. /0,5

3.3. *On a tracé, à l'aide d'un logiciel, la courbe représentant ln $u_C$ en fonction du temps* ***(document 2 ci-contre)****. Le logiciel a indiqué le résultat de la modélisation de cette courbe.*




3.3.1. En utilisant le document 2, déterminer la valeur de U. Le condensateur était-il complètement chargé au début de l'enregistrement ? /1

3.2.2. Quelle est la valeur de la constante de temps $\tau$ ? /0,5

3.2.3. La capacité du condensateur est C = 220 nF. Quelle est la valeur de la résistance R ? /0,5

3.2.4. Déduire des résultats précédents les échelles du document 1 en indiquant quelles sont les valeurs numériques (nombres entiers) de la durée et de la tension représentées par une graduation sur chacun des axes. Reporter les résultats dans les deux cases du document 1. /1

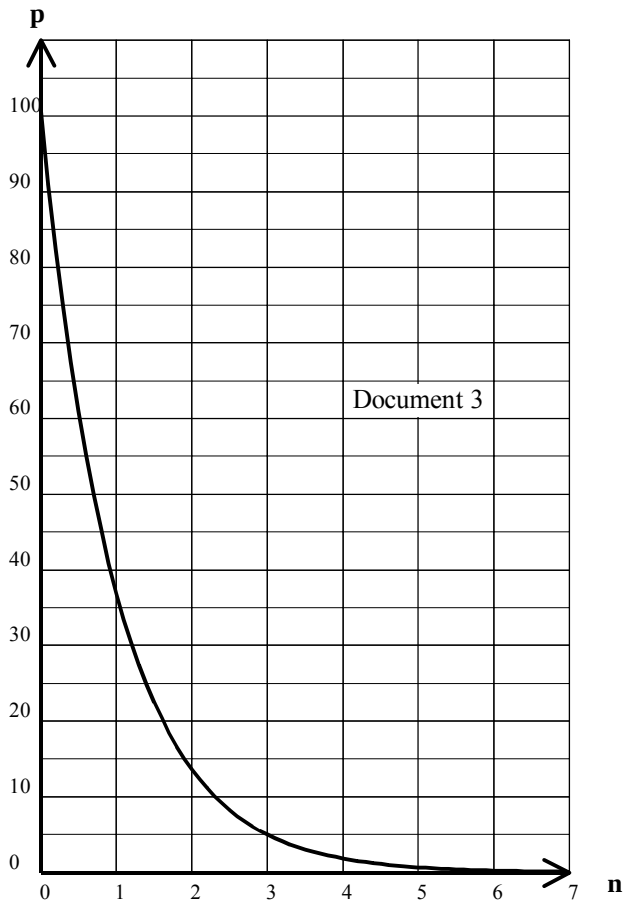
3.2.5. En utilisant le document 2, déterminer la tension aux bornes du condensateur à la date t = 5 ms. En déduire l'énergie emmagasinée dans le condensateur à cette date. /1

4. *Le logiciel permet de créer deux nouvelles grandeurs :*

$\mathbf{p} = 100\,\frac{u_C}{E}$ *représentant le pourcentage de charge restant à la date t*

$\mathbf{n} = \alpha\, t$ *représentant la durée de la décharge en unités de constante de temps (c'est à dire quand t=*$\tau$*, n=1 ; quand t=2*$\tau$*, n=2 etc ...).*

*La courbe* ***du document 3 ci-contre*** *représente* **p** *en fonction de* **n**.




4.1. Pour n = 1, déterminer graphiquement le pourcentage de charge restante. /0,25

4.2. Pour quelle valeur de n, la décharge peut-elle être considérée comme terminée ? /0,25

4.3. Quelle est la durée minimale pendant laquelle le commutateur doit rester dans la position convenable pour que la décharge du condensateur puisse être considérée comme totale ? /0,25