BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

obligatoire

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 9 à 11) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

I. Un cycliste écologiste (6,5 points)
II. Un toboggan de plage (5,5 points)
III. L'eau distillée et son pH (4 points)

EXERCICE I. UN CYCLISTE ÉCOLOGISTE (6,5 points)

Philippe, soucieux de l'avenir de notre planète, fait la plupart de ses déplacements à vélo.
Un jour son grand-père l'interpelle : « tu sais que les piles salines de ton éclairage sont polluantes et ont une durée de vie limitée ? »
Philippe, un peu penaud, répond « oui, bien sûr, mais comment faire autrement ? »
- et bien il faut utiliser une dynamo pardi !
- j'y ai bien pensé grand-père mais cela ne donne de la lumière que quand on roule. C'est un peu dangereux !
- oh, il doit bien y avoir une solution... toi qui es si fort en physique, tu peux sans doute trouver une solution !



Partie A : étude de la pile saline utilisée par Philippe

1. Fonctionnement de la pile

1.1. *Dans la pile saline utilisée par Philippe l'équation de la réaction se produisant à une des deux électrodes est : $Zn = Zn^{2+} + 2\,e^-$.*
Cette électrode est-elle l'anode ou la cathode ? Justifier la réponse.

1.2. *Le couple mis en jeu à la seconde électrode est MnO_2 / MnO_2H.*
Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à cette électrode.

1.3. En déduire l'équation globale de fonctionnement de la pile.

2. Usure de la pile

2.1. *Le constructeur de la pile indique la quantité maximale d'électricité que peut débiter la pile en ampère-heure : $Q_{max} = 1{,}35$ Ah. Donnée : 1 Ah correspond à $3{,}60 \times 10^3$ C.*
Si l'intensité I du courant débité par la pile de Philippe est égale à 90,0 mA, déterminer la durée maximale t_{max} de fonctionnement de la pile.

2.2. Déterminer la quantité d'électrons $n(e^-)$ mise en jeu pendant la durée t_{max}.
Donnée : constante de Faraday : $F = 9{,}65 \times 10^4$ C.mol^{-1}.

2.3. En déduire la masse m de zinc consommée pendant cette même durée t_{max}.
Donnée : $M(Zn) = 65{,}4$ g.mol^{-1}.

Partie B : tentative de remplacement des piles

Philippe étudie le problème et réunit les renseignements suivants :
- une dynamo (ou alternateur) est un générateur de tension alternative uniquement quand le vélo roule.
- un circuit électrique (qui ne sera pas étudié dans cet exercice) permet de transformer la tension alternative en tension continue.
- on peut stocker de l'énergie dans un condensateur et ensuite utiliser cette énergie stockée pour faire briller une lampe.

La charge du condensateur se fait pendant que le vélo roule et ne pose pas de problème particulier.
Quand le vélo s'arrête, un circuit électronique permet de commencer la décharge du condensateur dans la lampe.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Première partie : étude expérimentale de la décharge d'un condensateur

Pour savoir si son idée est utilisable, Philippe décide de tester la décharge d'un condensateur de capacité $C = 1{,}0$ µF dans une lampe.

Remarque : on considère que la lampe à incandescence se comporte pratiquement comme un conducteur ohmique de résistance constante et de faible valeur (22 Ω) ; elle sera donc notée R dans la suite de l'exercice.

Le schéma du document 1 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie** représente une partie du circuit utilisé par Philippe (celle qui correspond à la décharge du condensateur).

On n'étudiera pas la charge du condensateur et on considèrera qu'à l'instant $t = 0$, le condensateur est chargé de telle manière que $u_C(0) = 6{,}0$ V.

1. Sur le document 1 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie**, représenter en convention récepteur la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique ainsi que la tension u_C aux bornes du condensateur.

2. *Philippe souhaite tracer la courbe $u_C = f(t)$ grâce à un système informatisé (carte d'acquisition et logiciel adapté).*
Sur le document 1 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie**, indiquer les branchements à réaliser pour enregistrer la courbe $u_C = f(t)$ sur la voie 0 de l'interface notée EA0.

3. Philippe utilise ensuite le logiciel pour calculer et tracer la courbe $|i| = f(t)$. Les courbes obtenues sont données **en annexe pages 9 et 10 à rendre avec la copie (documents 2 et 3).**

3.1. À partir du document 2 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie,** déterminer la valeur expérimentale de la constante de temps τ du circuit en faisant apparaître les tracés.

3.2. Valeur théorique de la constante de temps τ

3.2.1. Énoncer la relation qui permet de calculer la constante de temps τ de ce type de circuit.

3.2.2. Vérifier que τ est homogène à un temps grâce à une analyse dimensionnelle.

3.2.3. Calculer la valeur théorique de la constante de temps τ de ce circuit.

3.3. Est-ce que la valeur expérimentale de la constante de temps déterminée à la question 3.1. est en accord avec la valeur théorique trouvée à la question 3.2.3 ?

3.4. *La décharge du condensateur dans la lampe d'éclairage du vélo doit permettre d'avoir de la lumière à l'arrêt pendant au moins 3 minutes (durée du feu au bout de la rue de Philippe).*
Philippe a testé sa lampe et il sait qu'elle brille correctement si la valeur absolue de l'intensité du courant est supérieure ou égale à 80 mA.
À l'aide du **document 3 de l'annexe page 10 à rendre avec la copie** expliquer pourquoi le condensateur utilisé ne convient pas.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Deuxième partie : étude théorique de la décharge d'un condensateur

Philippe a trouvé sur internet une publicité pour des « super-condensateurs » capables de stocker une grande quantité d'énergie. Avant d'acheter un super-condensateur, Philippe veut savoir s'il convient. Il fait donc une étude théorique.

1. Aspect énergétique

1.1. Donner l'expression de l'énergie stockée dans un condensateur puis calculer sa valeur dans le cas d'un super condensateur de capacité $C' = 1{,}0$ F chargé sous une tension $u_C = 6{,}0$ V.

1.2. Comparer cette valeur avec celle de l'énergie stockée dans le condensateur utilisé dans la première partie ($C = 1{,}0$ µF) et conclure.

2. Étude de la décharge du super-condensateur dans la lampe

2.1. Expression littérale de l'intensité du courant en fonction du temps : $i = f(t)$.

Le montage étudié est toujours celui du document 1 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie** et on a toujours $u_C(0) = 6{,}0$ V.

2.1.1. Dans ce montage, quelle est la relation qui existe entre les tensions u_C et u_R ?
2.1.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C.

2.1.3. *Une solution de cette équation différentielle est du type :* $u_C(t) = A.e^{\frac{-t}{\tau}}$ *où A est une constante à déterminer.*
Déterminer la valeur de A pour ce montage.

2.1.4. Montrer que $i(t) = -0{,}27.e^{\frac{-t}{22}}$ *(toutes les unités étant exprimées dans les unités du système international).*

2.2. Étude de la courbe $|i| = f(t)$.

Philippe trace la courbe $|i| = f(t)$ *à l'aide d'un tableur. Il obtient la courbe donnée en* ***annexe page 10 à rendre avec la copie (document 4).***

Ce super-condensateur convient-il ? Justifier.

Remarque : on rappelle que la décharge du condensateur dans la lampe d'éclairage du vélo doit permettre d'avoir de la lumière à l'arrêt pendant au moins 3 minutes (durée du feu au bout de la rue de Philippe) et que la lampe brille correctement si la valeur absolue de l'intensité du courant est supérieure ou égale à 80 mA.

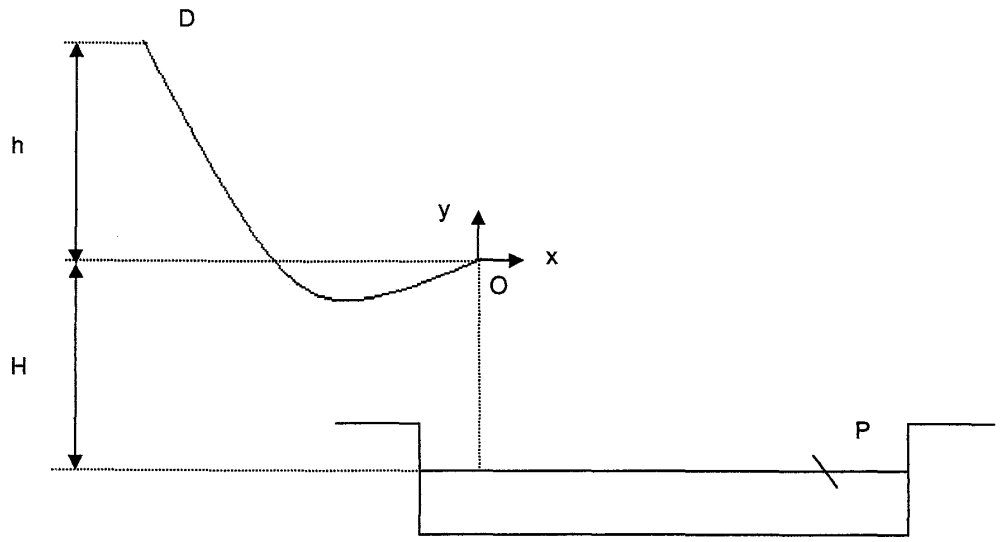
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II. UN TOBOGGAN DE PLAGE (5,5 points)

Un enfant glisse le long d'un toboggan de plage dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
Pour l'exercice, l'enfant sera assimilé à un point matériel *G* et on négligera tout type de frottement ainsi que toutes les actions dues à l'air.

Un toboggan de plage est constitué par :

- une piste *DO* qui permet à un enfant partant de *D* **sans vitesse initiale** d'atteindre le point *O* avec un vecteur vitesse $\overrightarrow{V_0}$ faisant un angle α avec l'horizontale ;
- une piscine de réception : la surface de l'eau se trouve à une distance *H* au dessous de *O*.



Données :

- Masse de l'enfant : $m = 35$ kg ;
- Intensité de la pesanteur : $g = 10$ m.s^{-2} ;
- Dénivellation $h = 5{,}0$ m ;
- Hauteur $H = 0{,}50$ m ;
- Angle $\alpha = 30°$;
- On choisit l'altitude du point *O* comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur de l'enfant ; $Epp_O = 0$ pour $y_o = 0$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1. Mouvement de l'enfant entre D et O

1.1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur Epp_D de l'enfant au point D.

1.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique Em_D de l'enfant au point D.

1.3. Donner l'expression de l'énergie mécanique Em_O de l'enfant au point O.

1.4. En déduire l'expression de la vitesse v_0 en justifiant le raisonnement.

1.5. Calculer la valeur de la vitesse v_0 de l'enfant en O.

1.6. En réalité, la vitesse en ce point est nettement inférieure et vaut 5,0 $m.s^{-1}$. Comment expliquez-vous cette différence ?

2. Étude de la chute de l'enfant dans l'eau

En O, origine du mouvement dans cette partie, on prendra $\boldsymbol{v_0 = 5{,}0\ m.s^{-1}}$.

2.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2.2. Appliquer la deuxième loi de Newton à l'enfant une fois qu'il a quitté le point O.

2.3. Déterminer l'expression des composantes $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération dans le repère *Oxy*.

2.4. Déterminer l'expression des composantes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse dans le repère *Oxy*.

2.5. Déterminer l'expression des composantes $x(t)$ et $y(t)$ du vecteur position dans le repère *Oxy*.

2.6. Montrer que l'expression de la trajectoire de l'enfant notée $y(x)$ a pour expression :

$$y(x) = -\frac{1}{2} g \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha .$$

2.7. En déduire la valeur de l'abscisse x_P du point d'impact P de l'enfant dans l'eau.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III. L'EAU DISTILLÉE ET SON pH (4 points)

Le but de cet exercice est de comprendre pourquoi le pH d'une eau distillée laissée à l'air libre diminue.

1. pH de l'eau pure à 25 °C

1.1. *Dans toute solution aqueuse se produit la réaction d'autoprotolyse de l'eau.*
Écrire l'équation de cette réaction.

1.2. Exprimer la constante d'équilibre K_e associée à l'équation précédente. Quel nom donne-t-on à cette constante K_e ?

1.3. *À 25°C, des mesures de conductivité électrique montrent que pour de l'eau pure :*
$[H_3O^+]_{éq} = [HO^-]_{éq} = 1{,}0 \times 10^{-7}$ *mol.L*$^{-1}$.

1.3.1. Calculer la valeur de K_e à 25 °C .

1.3.2. Calculer la valeur du pH de l'eau pure à 25 °C .

2. Eau distillée laissée à l'air libre

De l'eau fraîchement distillée et laissée quelque temps à l'air libre dans un bécher, à 25 °C, voit son pH diminuer progressivement puis se stabiliser à la valeur de 5,7. La dissolution lente et progressive dans l'eau distillée du dioxyde de carbone présent dans l'air permet d'expliquer cette diminution du pH. Un équilibre s'établit entre le dioxyde de carbone présent dans l'air et celui qui est dissous dans l'eau distillée noté CO_2, H_2O.
Dans la suite de l'exercice on ne tiendra pas compte de la réaction entre les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) et l'eau.
Le couple dioxyde de carbone dissous / ion hydrogénocarbonate est CO_2, H_2O / HCO_3^- (aq).

2.1. *L'équation de la réaction entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau s'écrit :*
$$CO_2, H_2O + H_2O(\ell) = HCO_3^-(aq) + H_3O^+.$$
Écrire les couples acido-basiques mis en jeu dans cette équation.

2.2. Exprimer la constante d'acidité K_A associée à l'équation précédente.

2.3. Montrer qu'à partir de l'expression de K_A on peut écrire :
$$pH = pK_A + \log([HCO_3^-]_{éq} / [CO_2, H_2O]_{éq}) \quad \text{relation (1)}$$

2.4. Sachant que $pK_A = 6{,}4$ et en utilisant la relation (1), calculer la valeur du quotient $[HCO_3^-]_{éq} / [CO_2, H_2O]_{éq}$ pour de l'eau distillée de pH = 5,7. Parmi les espèces CO_2, H_2O et HCO_3^- (aq) quelle est celle qui prédomine dans de l'eau distillée de pH = 5,7 ? Justifier.

2.5. Tracer le diagramme de prédominance des espèces CO_2, H_2O et HCO_3^- (aq).

2.6. Tableau d'avancement

2.6.1. Compléter littéralement le tableau d'avancement molaire donné en **annexe page 11 à rendre avec la copie** en fonction de V (volume considéré d'eau distillée) et de c (concentration molaire apportée en dioxyde de carbone de l'eau distillée).

2.6.2. Quelle est la relation entre $[HCO_3^-]_{éq}$ et $[H_3O^+]_{éq}$? En déduire la valeur de $[HCO_3^-]_{éq}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.6.3. Déterminer la valeur de $[CO_2, H_2O]_{éq}$ en utilisant l'expression de la constante d'acidité établie à la question 2.2.

2.6.4. En déduire la valeur de c.

3. Influence de la composition atmosphérique

3.1. *Dans un mélange gazeux, comme l'air, chacun des gaz qui le constitue contribue à la pression du mélange proportionnellement à sa quantité de matière. C'est la pression partielle du gaz considéré.*
Exemple : si l'air contient en quantité 20 % de dioxygène alors la pression partielle du dioxygène, notée p_{O_2}, vaut 20 % de la pression de l'air.
L'atmosphère terrestre possède actuellement un pourcentage moyen en quantité de CO_2 de 0,038 %.
Pour une pression atmosphérique de $1{,}013 \times 10^5$ Pa, à quelle pression partielle p_{CO_2} de CO_2 ce pourcentage moyen correspond-il ?

3.2. *La concentration d'un gaz dissous dans l'eau est proportionnelle à sa pression partielle quand l'équilibre du système chimique est atteint. Dans le cas du dioxyde de carbone on a :*

$$[CO_2, H_2O]_{éq} = k\, p_{CO_2} \quad \text{avec } k = 3{,}4 \times 10^{-7}\ mol.L^{-1}.Pa^{-1}.$$

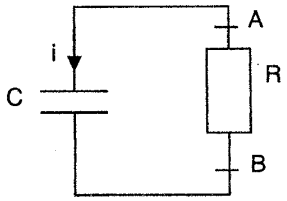
Pour un pourcentage moyen en quantité de CO_2 de 0,038 % et pour une pression atmosphérique de $1{,}013 \times 10^5$ Pa, calculer la valeur de la concentration $[CO_2, H_2O]_{éq}$ dans une solution aqueuse quand l'équilibre entre le dioxyde de carbone atmosphérique et le dioxyde de carbone dissous est atteint.

3.3. En comparant la valeur précédente à celle obtenue à la question 2.6.3., indiquer sans calcul si l'air du laboratoire où a eu lieu la préparation de l'eau distillée possède un pourcentage en dioxyde de carbone plus petit ou plus grand que 0,038 %.

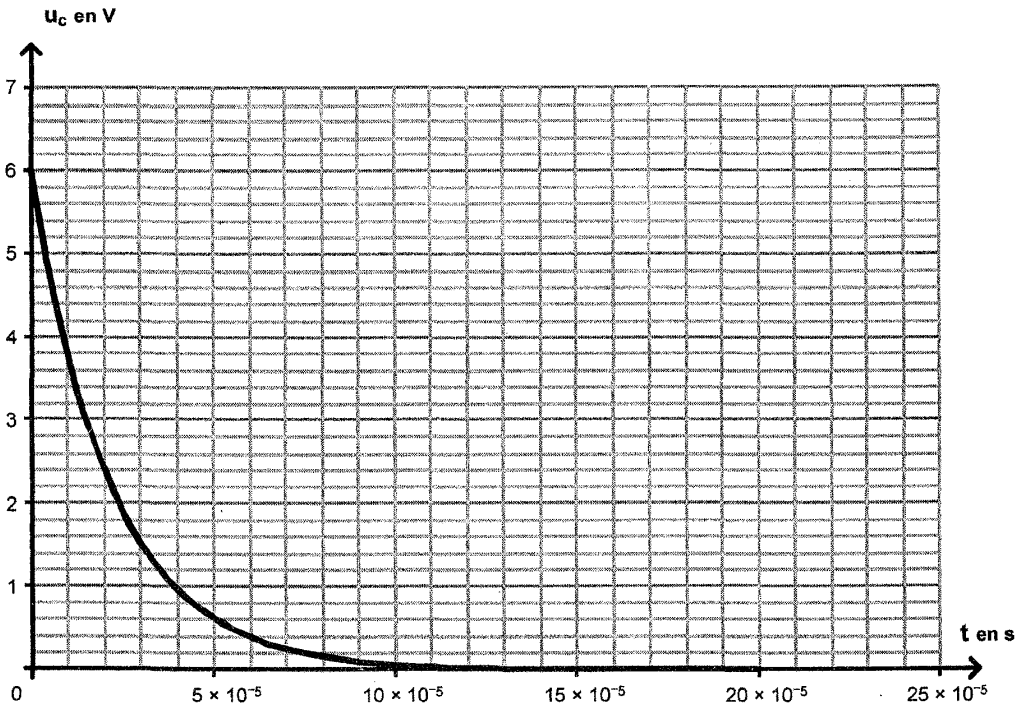
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE I (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Document 1 : schéma d'une partie du circuit utilisé par Philippe (partie correspondant à la décharge du condensateur).



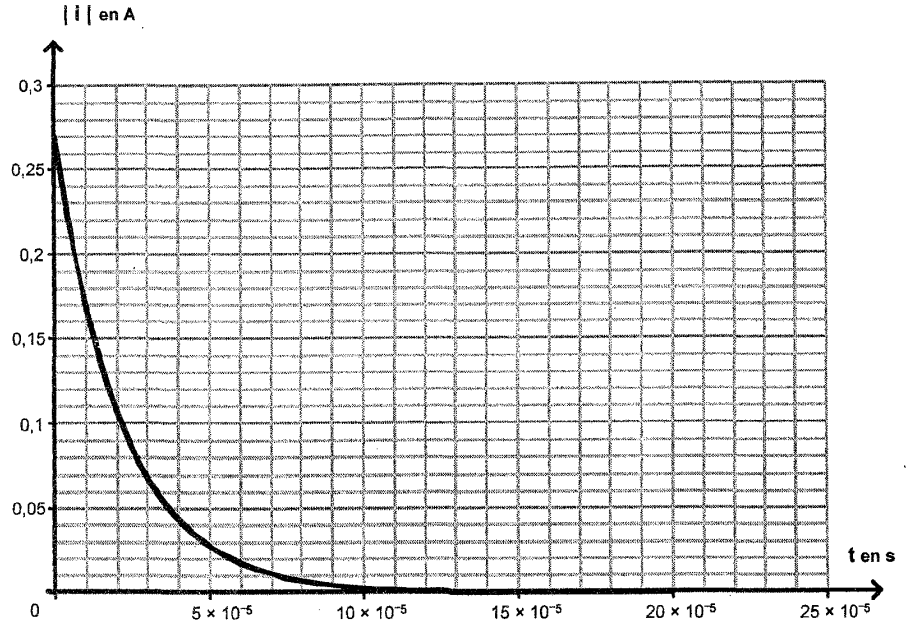
Document 2 : courbe expérimentale $u_C = f(t)$.



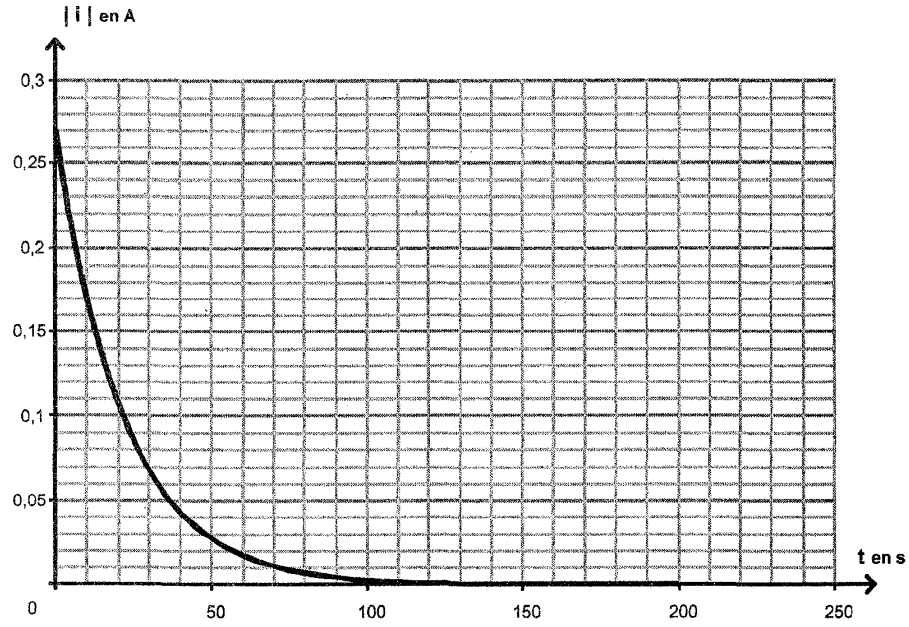
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Document 3 : courbe expérimentale : $|i| = f(t)$ pour R = 22Ω et C = 1,0 µF.



Document 4 : courbe théorique $|i| = f(t)$ pour R = 22Ω et C =1,0 F.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Question 2.6.1.

Équation de la réaction		CO_2, H_2O + H_2O (ℓ) = HCO_3^- (aq) + H_3O^+			
État du système chimique	Avancement (mol)				
État initial (mol)	0		solvant	0	0
État intermédiaire (mol)	x		solvant		
État final (à l'équilibre) (mol)	$x_{éq}$		solvant		