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.

Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de l'expression des résultats numériques en fonction des données figurant dans les énoncés (emploi correct des chiffres significatifs).

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

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

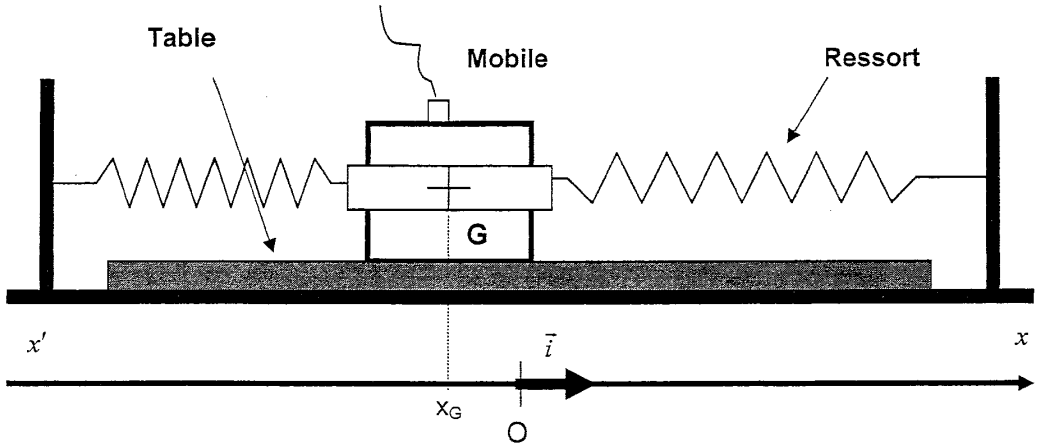
EXERCICE I	**Étude expérimentale d'un oscillateur mécanique**	**(5 points)**
EXERCICE II	**L'élément chlore**	**(7 points)**
EXERCICE III	**Suivi spectrophotométrique**	**(4 points)**

Les annexes 1 et 2 pages 10/11 et 11/11 sont à remettre avec la copie.

EXERCICE I : ÉTUDE EXPERIMENTALE D'UN OSCILLATEUR MECANIQUE (5 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques des élèves étudient le mouvement, sur une table horizontale, d'un mobile autoporteur de masse m = 0,714 kg relié à deux ressorts à spires non jointives et de masses négligeables.
Le mobile est initialement écarté de sa position d'équilibre et lancé avec une vitesse initiale V_0.
Le mouvement du mobile est filmé par les élèves. Les positions successives du centre d'inertie G du mobile sont repérées à l'aide d'un logiciel de pointage à partir de la date du lancement t_0. Elles sont repérées sur un axe x'x horizontal, orienté de gauche à droite. L'origine O de l'axe coïncide avec la position du centre d'inertie G lorsque le mobile est au repos.
L'intervalle de temps séparant deux positions successives est τ = 80 ms.

Le schéma ci-dessous représente, à une date t quelconque, le dispositif expérimental utilisé ainsi que l'axe x'x.



On admettra que ce dispositif, constitué d'une masse et de deux ressorts, est équivalent à celui constitué de la même masse et d'un seul ressort de constante de raideur notée K.

1. Une première exploitation du pointage

Le tableau suivant donne les abscisses x_G des positions successives du centre d'inertie du mobile entre les dates t_{14} et t_{21}.

Position	14	15	16	17	18	19	20	21
Date *t* (en s)	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	1,52	1,60	1,68
Abscisse x_G (en m)	– 0,119	– 0,112	– 0,096	– 0,073	– 0,046	– 0,015	0,017	0,048

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

1.1 En exploitant numériquement les données du tableau précédent, un élève calcule la valeur de la vitesse à la date t_{17}. Il trouve $V_{G_{17}} = 0{,}31$ m.s^{-1}. Calculer la valeur de la vitesse $V_{G_{19}}$ à la date t_{19}.

1.2 Exprimer le vecteur accélération $\vec{a}_{G_{18}}$ du mobile au passage du point G_{18} en fonction des vecteurs vitesses $\vec{V}_{G_{17}}$ et $\vec{V}_{G_{19}}$ et de l'intervalle de temps correspondant. Tous ces vecteurs étant colinéaires, vérifier que la valeur de l'accélération à la date t_{18} est égale à $0{,}50$ m.s^{-2}.

1.3 *La **figure 1** fournie en **ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**, représente le dispositif équivalent au dispositif expérimental (il ne comporte donc qu'un seul ressort de raideur K). Sur cette représentation, le ressort est comprimé. Les forces de frottements sont supposées négligeables.*

SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE, représenter les trois forces qui s'exercent sur le mobile autoporteur sans considération d'échelle.

1.4 Parmi les propositions suivantes, choisir l'expression vectorielle de la force de rappel exercée par le ressort sur le mobile en fonction de l'abscisse x_G du centre d'inertie.

$$\vec{F} = K\,x_G\,\vec{i} \quad \text{ou} \quad \vec{F} = -K\,x_G\,\vec{i}$$

1.5

1.5.1 En projetant sur l'axe x'x la relation entre vecteurs traduisant la seconde loi de Newton appliquée sur le mobile, établir la relation entre K, m, x et a_x (équation 1).

1.5.2 En reprenant les valeurs de l'abscisse et de l'accélération à la date t_{18}, en déduire une estimation de la valeur numérique de la constante de raideur K du ressort équivalent. *Donnée* : m = 0,714 kg

2. La période propre de l'oscillateur

L'équation horaire du mouvement est de la forme générale :

$$x_G(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}\cdot t + \varphi_0\right)$$

2.1 Nommer les deux grandeurs X_m et φ_0 .

2.2 Choisir l'expression correcte de la période propre parmi les suivantes. Justifier par une analyse dimensionnelle.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{K}{m}} \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{m\times K} \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

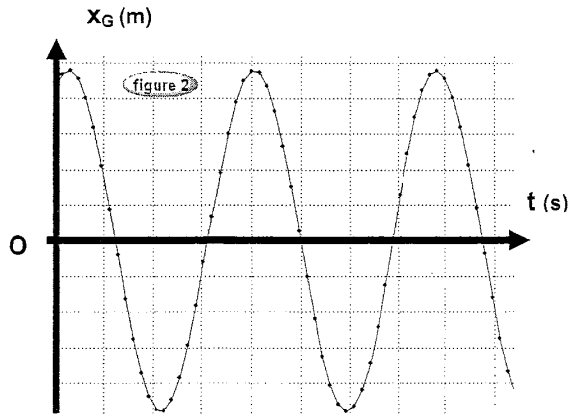
2.3 *Les élèves mesurent la période des oscillations. Ils trouvent T_0 = 1,88 s.*

Déduire de cette mesure une nouvelle estimation de la valeur de K.
Rappel : m = 0,714 kg

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

3. Les conditions initiales et l'énergie mécanique

*La **figure 2** ci-dessous représente la courbe $x_G = f(t)$ obtenue par les élèves ainsi que le résultat de sa modélisation.*



Résultat de la modélisation de la courbe $x_G = f(t)$:

$$x_G(t) = a \times \cos(b \times t + c)$$

Avec $a = 0{,}120$ m
$b = 3{,}34$ rad.s^{-1}
c = - 0,488 rad

3.1 Vérifier à l'aide du résultat de la modélisation que l'abscisse x_{G_0} du centre d'inertie du mobile à la date t_0 = 0 s est égale à 10,6 cm.

3.2 Toujours en utilisant le résultat de la modélisation, montrer que l'expression de la vitesse V_G en fonction du temps est donnée par :

$$V_G(t) = -0{,}401 \sin(3{,}34\, t - 0{,}488) \quad (\text{ms}^{-1})$$

3.3 Calculer la valeur de la vitesse initiale $V_{G_0} = \left(\frac{dx_G}{dt}\right)_{t=0}$ communiquée au mobile.

Dans quel sens cette vitesse a-t-elle été communiquée ?

3.4 *Soit E_m l'énergie mécanique du système {Mobile+Ressort}. La masse du ressort est négligeable.*

3.4.1 Donner l'expression de l'énergie mécanique E_m en fonction de K, de m, de l'abscisse x_G et de la vitesse V_G du centre d'inertie du mobile.

3.4.2 *La valeur de l'énergie mécanique à la date t_{17} pour laquelle $V_{G_{17}} = 0{,}31$ m.s^{-1} est $E_m = 5{,}6.10^{-2}$ J.* En utilisant le tableau de valeurs **page 2/11**, retrouver la valeur de la constante de raideur K.

3.4.3 L'énergie mécanique E_m du système se conserve-t-elle sur la durée de l'enregistrement ? Justifier (aucun calcul n'est demandé).

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

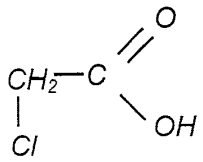
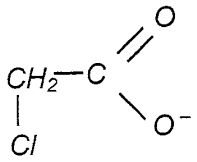
EXERCICE II : L'ELEMENT CHLORE (7 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Réactions totales ou partielles ?

Dans cette partie, on cherchera à comparer la réactivité avec l'eau de deux acides dont les molécules comportent l'élément chlore : l'acide monochloroéthanoïque et l'acide chlorhydrique.

L'ensemble des informations concernant le premier couple acido-basique étudié (acide monochloroéthanoïque / ion monochloroéthanoate) est regroupé dans le tableau ci-dessous.

	Formule brute	Formule semi-développée
acide monochloroéthanoïque	$ClCH_2COOH$	
Ion monochloroéthanoate	$ClCH_2COO^-$	

La masse molaire de l'acide monochloroéthanoïque est égale à :
$$M\,(ClCH_2COOH) = 94{,}5\ g.mol^{-1}.$$

On a préparé une solution notée S_1 en dissolvant une masse $m_1 = 0{,}945$ g d'acide monochloroéthanoïque dans l'eau. Le volume de solution, après dissolution totale, est égal à $V_1 = 1{,}00$ L. Le pH de cette solution vaut $pH_1 = 2{,}5$.
La concentration molaire en soluté apporté en acide monochloroéthanoïque dans cette solution S_1 est notée c_1.

On a préparé une solution d'acide chlorhydrique notée S_2 en dissolvant une quantité de matière $n_2 = 1{,}00.10^{-3}$ mol de chlorure d'hydrogène gazeux dans l'eau. Le volume de solution après dissolution totale est égal à $V_2 = 100$ mL. Le pH de cette solution vaut $pH_2 = 2{,}0$.
La concentration molaire en soluté apporté en acide chlorhydrique dans cette solution S_2 est notée c_2.

1.1 Donner la définition d'un acide au sens de Brönsted.

1.2 Recopier sur la copie la formule semi-développée de l'acide monochloroéthanoïque. Entourer le groupe acide carboxylique présent dans cette molécule.

1.3 Montrer que les concentrations c_1 et c_2 sont égales.

1.4 *On modélise la transformation chimique, entre chacun des deux acides et l'eau, par l'équation générale :*
$$AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}.$$

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

On considère un volume V de solution aqueuse d'un acide AH, de concentration molaire en soluté apporté c. On notera l'avancement x, l'avancement maximal x_{max} et l'avancement final x_f.

1.4.1 Compléter le tableau d'avancement, **SUR LE DOCUMENT 2 DE L'ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE,** de la réaction de l'acide AH avec l'eau en le complétant avec les grandeurs *c*, *V*, *x*, x_{max} et x_f.

1.4.2 Exprimer la quantité de matière finale en ion oxonium en fonction du pH et du volume *V*.

1.4.3 Définir le taux d'avancement final (ou à l'équilibre) noté τ.

1.4.4 Montrer que le taux d'avancement s'écrit :

$$\tau = \frac{10^{-pH}}{c}$$

1.4.5 En déduire les valeurs τ_1 et τ_2 du taux d'avancement final de chacune des deux réactions associées aux transformations donnant les solutions S_1 et S_2.

1.4.6 Conclure sur la réactivité avec l'eau de ces deux acides étudiés.

2. Datation d'une carotte glaciaire

Informations générales *:*

Le chlore possède plusieurs isotopes dont trois seulement existent à l'état naturel : le chlore 35 (symbole : $^{35}_{17}\mathrm{Cl}$*), le chlore 37 (*$^{37}_{17}\mathrm{Cl}$*) et le chlore 36 (*$^{36}_{17}\mathrm{Cl}$*).*

Les deux premiers sont stables alors que le chlore 36 est radioactif.

Dans les eaux de surface (mers, lacs) le chlore 36 est constamment renouvelé et la teneur en chlore 36 reste constante au cours du temps. Cette constatation permet de nous donner une référence.

Dans la glace à plusieurs mètres sous la surface, le renouvellement n'existe plus et la proportion en chlore 36 par rapport à tous les noyaux de chlore présent initialement diminue au cours du temps.

La connaissance du temps de demi-vie du chlore 36 ($t_{½}$ = 3,08.10^5 ans) et de sa teneur dans un échantillon de glace permet de dater celui-ci.

On note : N (t), le nombre de noyaux de chlore 36 présents à la date t.
N_0, le nombre de noyaux de chlore 36 présents initialement.
λ, la constante radioactive de ce radioélément.

On rappelle que la constante radioactive et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ sont liés par la relation :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

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

2.1 Donner la composition du noyau de chlore 36.

2.2 Donner la définition du terme « isotope ».

2.3 Donner la définition d'un noyau radioactif.

2.4 *La réaction de désintégration du chlore 36 donne un noyau d'argon stable de symbole :* ${}^{36}_{18}\mathrm{Ar}$.

2.4.1 Donner l'équation de la désintégration d'un noyau de chlore 36 en indiquant les lois de conservation utilisées.

2.4.2 Donner le nom de la particule émise et le nom du type de radioactivité mis en jeu.

2.5 Donner l'expression de la loi de décroissance, c'est à dire l'expression de $N(t)$ en fonction de N_0, et de t.

2.6 Donner la définition du temps de demi-vie.

2.7 Calculer la valeur de la constante radioactive.

2.8 *On cherche à déterminer l'âge t_1 d'un échantillon de glace de masse m prélevé dans une carotte glaciaire de l'Arctique et pour lequel il n'y a plus que 75 % de noyaux de chlore 36 par rapport à un échantillon récent de même masse.*

2.8.1 Donner la valeur du rapport $\frac{N(t_1)}{N_0}$ pour le morceau de glace étudié.

2.8.2 À l'aide de la loi de décroissance, montrer que l'âge t_1 de l'échantillon s'exprime par :

$$t_1 = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right)$$

2.8.3 Déterminer l'âge t_1 de l'échantillon de glace de l'Arctique.

2.8.4 *La glace contient également des bulles de dioxyde de carbone CO_2. Lors de la formation de la glace, le carbone de ces molécules est composé d'isotopes de carbone 12 et de carbone 14 radioactif. On suppose qu'une fois piégé le dioxyde de carbone ne se renouvelle pas.*

Pourquoi ne pas avoir utilisé la datation au carbone 14 de demi-vie 5 700 ans pour dater cet échantillon ?

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

EXERCICE III : SUIVI SPECTROPHOTOMETRIQUE (4 points)

L'ion permanganate MnO_4^- réagit avec l'acide oxalique $H_2C_2O_4$ en milieu acide au cours d'une transformation modélisée par l'équation chimique suivante :

$$2\ MnO_{4\,(aq)}^- + 5\ H_2C_2O_{4(aq)} + 6\ H_{(aq)}^+ = 2\ Mn_{(aq)}^{2+} + 10\ CO_{2(aq)} + 8\ H_2O_{(l)}$$ ***(réaction 1)***

La transformation sera considérée comme totale. Toutes les espèces chimiques intervenant dans cette réaction sont incolores, sauf l'ion permanganate.

On mélange un volume $V_1 = 1{,}00$ mL de la solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration molaire en soluté $c_1 = 9{,}50.10^{-4}$ mol. L^{-1}, acidifiée en excès par de l'acide sulfurique, à un volume $V_2 = 1{,}00$ mL d'une solution aqueuse d'acide oxalique de concentration molaire en soluté $c_2 = 2{,}50.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

On désignera par $V = V_1 + V_2$ le volume total du mélange réactionnel. Ce volume reste constant au cours de la transformation étudiée. Il en est de même pour la température.

1. Réaction d'oxydoréduction

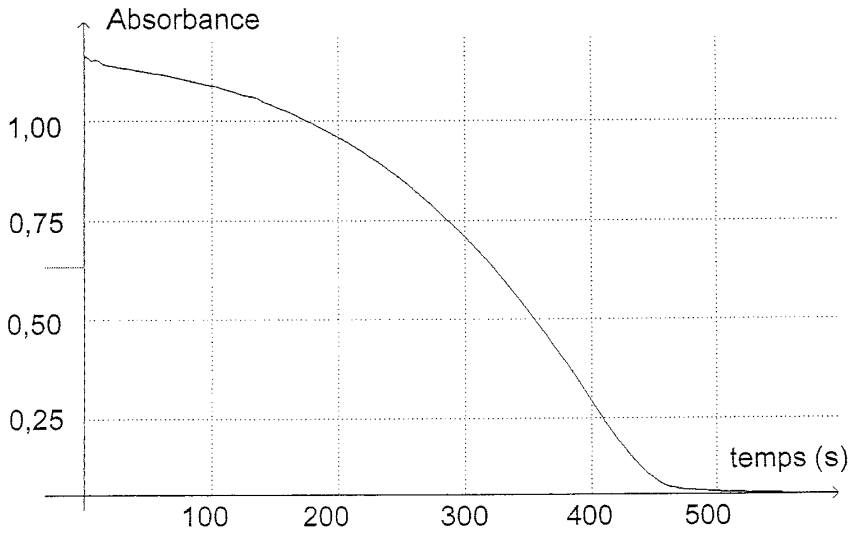
On rappelle que l'ion permanganate MnO_4^- intervient dans le couple MnO_4^- / Mn^{2+}.

1.1 Écrire la demi-équation électronique de ce couple intervenant dans la ***réaction 1***.

1.2 Quel est l'oxydant de ce couple ? Justifier.

1.3 *L'espèce conjuguée de l'acide oxalique est le dioxyde de carbone CO_2.*
Écrire la demi-équation électronique de ce 2ème couple intervenant dans la ***réaction 1***.

La transformation chimique étant lente, on peut suivre son évolution à l'aide d'un spectrophotomètre relié à un ordinateur, en mesurant l'absorbance A du mélange réactionnel en fonction du temps (courbe suivante).



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

2. Étude de la réaction

À partir de l'absorbance de la solution, il est possible d'en déduire l'avancement x de la réaction en fonction du temps (voir tableau ci-dessous) :

date t (s)	0	200	400	500	550	600	650
Avancement x ($\times 10^{-9}$ mol)	0	88,9	374	472	475	475	475

On peut ainsi tracer l'avancement en fonction du temps $x = f(t)$ (**SUR LE DOCUMENT 3 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**).

2.1 L'absorbance du mélange réactionnel étant nulle dans l'état final, identifier sans calcul le réactif limitant. Justifier.

2.2 En utilisant le tableau ci-dessus, déterminer la valeur de l'avancement final x_f.

2.3 Exprimer la quantité de matière en ion Mn^{2+} dans l'état final en fonction de x_f, et calculer sa valeur. (On pourra s'aider d'un tableau d'avancement).

2.4 En déduire la valeur de la concentration molaire en ion Mn^{2+} produit lors de cette réaction chimique.

2.5 Définir le temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur et montrer graphiquement comment l'obtenir **SUR LE DOCUMENT 3 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**.

2.6 Après avoir rappelé la définition de la vitesse volumique de réaction, expliquer pourquoi, dans le cas de la ***réaction 1*** étudiée, cette vitesse volumique de réaction est proportionnelle à la dérivée de l'avancement par rapport au temps.

2.7 *On rappelle le résultat du cours suivant :*
« À température constante, la vitesse volumique de réaction augmente en général avec la concentration des réactifs. »

Décrire l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours du temps dans le cas général. Justifier.

2.8 En s'appuyant sur le graphe **ANNEXE 2 document 3 page 11/11**, décrire l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours du temps dans le cas particulier de la réaction étudiée dans cet exercice (***réaction 1***). Cette évolution est-elle conforme au résultat général donné en **2.7** ?

2.9 *On fait l'hypothèse que l'un des produits formés au cours de la* ***réaction 1*** *est un catalyseur.*

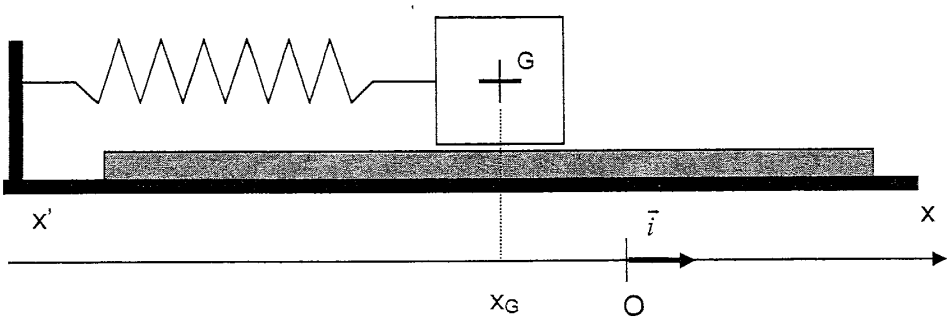
2.9.1 Rappeler le rôle d'un catalyseur.

2.9.2 En quoi cette hypothèse permet-elle d'expliquer une éventuelle différence entre le résultat du cours donné à la **question 2.7** et celui trouvé à la **question 2.8** ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE 1
(à remettre avec la copie)

Exercice I Figure 1



Exercice II Document 2

Équation chimique	$AH_{(aq)}$ + $H_2O_{(l)}$ = $H_3O^+_{(aq)}$ + $A^-_{(aq)}$			
État du système	*Avancement (en mol)*	*Quantités de matière (en mol)*		
État initial	x = 0	cV		0	0
État en cours de transformation	x(t)				
État final	x_f				
État d'avancement maximal	x_{max}				

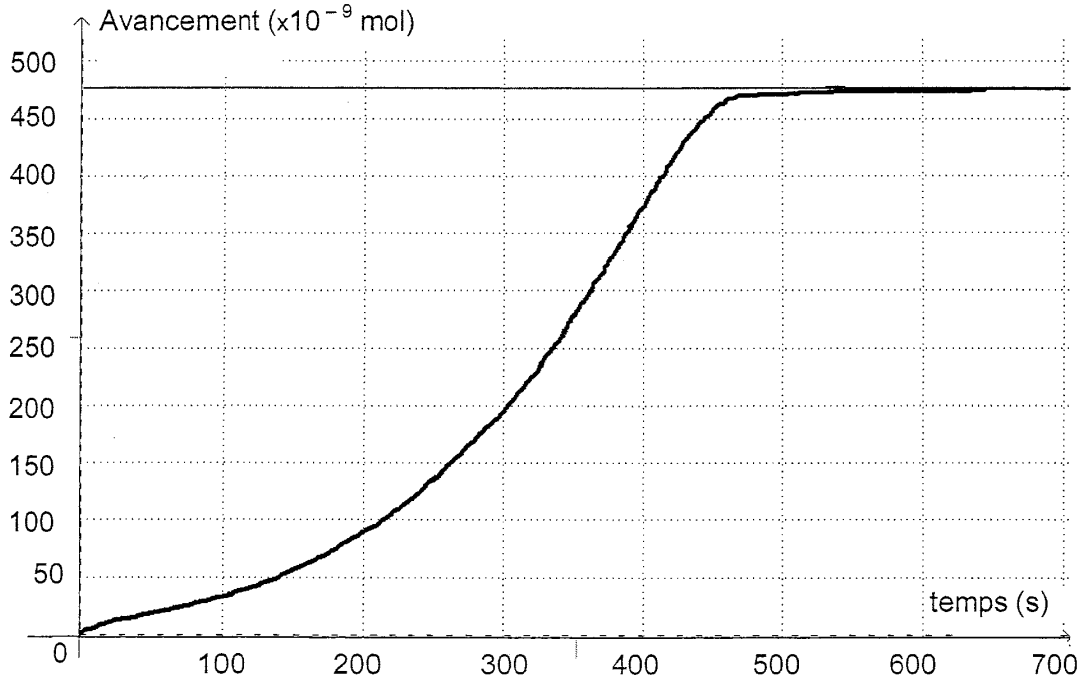
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE 2
(à remettre avec la copie)

Exercice III Document 3

Courbe x = f(t)



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