BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

SUJET SORTI

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

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 CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 9 et 10) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

EXERCICE I. LE SYNTHOL® (6,5 points)

Médicament créé en 1925 par M. Roger, pharmacien à Orléans, le Synthol® est une solution alcoolisée utilisée en application locale pour calmer les douleurs, décongestionner et désinfecter.

La notice donne la composition du médicament :

Pour 100 g de solution, la composition en substance active est :

Levomenthol.....0,2600 g

Vératrole.....0,2600 g

Résorcinol.....0,0210 g

Acide salicylique.....0,0105 g

Les autres composants sont l'huile essentielle de géranium, l'huile essentielle de cédrat, le jaune de quinoléine (E104).

Toutes les espèces chimiques présentes dans le Synthol® sont solubilisées dans un solvant à base d'éthanol à 96% et d'eau purifiée (titre alcoolique 34,5% en volume).

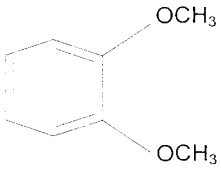
Après une étude de quelques composés du Synthol®, on vérifiera par un dosage la teneur en acide salicylique de la solution commerciale.

Les deux parties sont indépendantes.

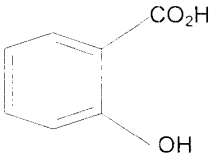
1. Quelques composés du Synthol®

1.1. *On veut identifier les formules de l'acide salicylique, du résorcinol et du vératrole qui entrent dans la composition du Synthol® .*

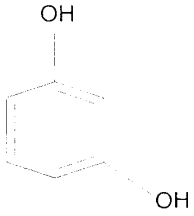
Sachant que l'acide salicylique est un acide carboxylique et que le résorcinol possède deux groupements hydroxyle, identifier les trois molécules en leur attribuant leur numéro.



molécule N°1



molécule N°2



molécule N°3

1.2. Étude de l'acidité d'une solution d'acide salicylique

On note AH la molécule d'acide salicylique. On introduit une quantité de matière $n_0 = 7{,}20\times10^{-4}$ mol de l'acide AH dans un volume $V_0 = 100{,}0$ mL d'eau distillée de façon à obtenir une solution de concentration c_0.
Après agitation la valeur du pH mesuré est 2,6.

1.2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide avec l'eau.
1.2.2. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système et le compléter en utilisant des expressions littérales.
1.2.3. Donner la relation entre l'avancement à l'équilibre $x_{éq}$, V_0 et le pH de la solution.
1.2.4. Pour la solution préparée, calculer l'avancement à l'équilibre $x_{éq}$.
1.2.5. Définir le taux d'avancement à l'équilibre. Calculer sa valeur. La transformation est-elle totale ?

2. Dosage de l'acide salicylique dans le Synthol®

Données :

Formule brute de l'acide salicylique : $C_7H_6O_3$

Masse molaire de l'acide salicylique : $M_A = 138\ g.mol^{-1}$

Masse volumique de la solution pharmaceutique : $\rho = 0{,}950\ g.mL^{-1}$

On admet que l'acide salicylique est le seul composé acide dans la solution pharmaceutique.

2.1. Calcul de la concentration de l'acide salicylique dans la solution pharmaceutique.

À l'aide des informations fournies sur la notice et des données ci-dessus, calculer la quantité de matière d'acide salicylique contenu dans un volume $V_A = 100{,}0$ mL de Synthol®.
Vérifier que sa concentration est $c_A = 7{,}23 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$.

2.2. Préparation du dosage

Pour vérifier cette valeur, on souhaite effectuer un dosage acido-basique avec une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$). Le volume de Synthol® dosé est $V_A = 100{,}0$ mL.
On admet que les calculs de concentration se conduisent pour la solution pharmaceutique de la même manière qu'en solution aqueuse.

On écrit l'équation de la réaction support du dosage de la manière suivante :

$$C_7H_6O_3 + HO^- = C_7H_5O_3^- + H_2O$$

2.2.1. Après avoir donné la définition de l'équivalence, écrire la relation entre la quantité de matière d'acide salicylique $n_i(C_7H_6O_3)$ et la quantité de matière d'ions hydroxyde $n(HO^-)$, qui permet d'atteindre cette équivalence. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.
2.2.2. *On souhaite obtenir un volume équivalent V_{BE} compris entre 5,0 mL et 20,0 mL.*
Donner un encadrement de la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium à utiliser.
2.2.3. *Au laboratoire on ne dispose que d'une solution S_0 d'hydroxyde de sodium de concentration $c_0 = 1{,}0 \times 10^{-1}\ mol.L^{-1}$.*
En justifiant, décrire le protocole pour fabriquer à partir de S_0, un volume de 50,0 mL d'une solution de concentration $c_B = 1{,}0 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$. On précisera la verrerie utilisée.

2.3. Choix du type de dosage

2.3.1. Dosage colorimétrique

a. *Grâce à un logiciel de simulation, on détermine que le pH à l'équivalence lors du dosage est d'environ 7.*

Choisir, en le justifiant, l'indicateur coloré approprié pour le dosage, dans la liste ci-dessous.

Nom de l'indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
hélianthine	rouge	3,1 – 4,4	jaune
bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu
phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10,0	rose

b. Quel composé, entrant dans la composition du Synthol®, peut empêcher de bien observer le changement de couleur de l'indicateur coloré ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.3.2. Dosage suivi à l'aide d'un pH-mètre
Les électrodes pH-métriques utilisées en terminale sont adaptées uniquement à des mesures en solution aqueuse.

D'après le texte introductif, quelle espèce chimique présente en quantité relativement importante dans le Synthol® ne permet pas de recommander un dosage pH-métrique ?

2.4. Réalisation du dosage conductimétrique

On opte finalement pour un dosage suivi par conductimétrie. On ajoute progressivement au volume V_A de Synthol®, à l'aide d'une burette graduée, une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) de concentration $c_B = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}. On mesure la conductivité et on obtient la courbe ***DE LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 9.*** *Le volume de solution dosée étant grand devant l'ajout de solution titrante, on peut considérer le volume de solution dans le bécher constant.*

Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.

2.5. Exploitation de la courbe

On rappelle que la conductivité σ d'une solution s'exprime selon la loi :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$$

où $[X_i]$ représente la concentration d'une espèce ionique en solution et λ_i la conductivité molaire ionique de cette espèce.

2.5.1. Expliquer pourquoi la conductivité augmente après l'équivalence.
2.5.2. *Dans les conditions de l'expérience, on observe que les deux portions de courbe (avant et après l'équivalence) ne sont pas rectilignes. Pour déterminer le volume versé à l'équivalence, on utilise alors les tangentes aux portions de courbe dans la zone proche de l'équivalence.*
Déterminer graphiquement le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
2.5.3. Calculer la concentration en acide salicylique de la solution dosée. Comparer cette valeur à celle trouvée dans la question 2.1.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II. FROTTEMENTS AVEC L'AIR : QU'EN DIT LA NASA ? (5,5 points)

La question 6 est indépendante des précédentes.

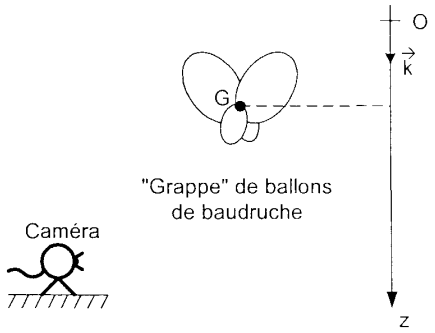
Intrigué par la notion de frottement fluide introduite en classe, un élève recherche des informations sur la notion de force de traînée. Sur le site de la NASA, "National Aeronautics and Space Administration", dont l'activité se partage entre domaine spatial et aéronautisme, l'élève trouve :
"La force de traînée sur un avion ou une navette dépend de la densité de l'air, du carré de la vitesse, de la viscosité et de la compressibilité de l'air, de la taille et de la forme de l'objet ainsi que de son inclinaison par rapport à l'écoulement d'air. En général, la dépendance à l'égard de la forme du corps, de l'inclinaison, de la viscosité et de la compressibilité de l'air est très complexe." (d'après www.nasa.gov)
A l'issue de cette recherche, l'élève dégage deux modèles pour rendre compte des frottements exercés par l'air sur les objets.

- modèle 1 : les frottements dépendent, entre autres, de la viscosité de l'air η_{air} et de la valeur v de la vitesse du centre de gravité G du système. On exprime alors la force sous la forme : $\vec{f}_1 = -A.\eta_{air}.v.\vec{k}$ où A est une constante.

- modèle 2 : les frottements dépendent, entre autres, de la masse volumique de l'air ρ_{air} et du carré de v. On écrit alors la force sous la forme : $\vec{f}_2 = -B.\rho_{air}.v^2.\vec{k}$ où B est une constante.

Les constantes A et B sont liées à la forme du corps et à son inclinaison.

Le choix entre ces deux modèles est lié à l'expérience. Son professeur lui conseille de les appliquer à la chute verticale d'une grappe de ballons de baudruche dont il peut lui fournir le film. Il lui donne également les valeurs approchées des constantes A et B.



Un logiciel adapté permet d'obtenir la courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système **DE LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9.**

Le système fourni par l'ensemble des ballons de baudruche, de masse m et de volume total V, est lâché sans vitesse initiale, dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ uniforme et vertical.

Toute l'étude de cet exercice est faite dans le référentiel terrestre supposé galiléen, muni d'un repère $(O ; \vec{k})$ dont l'axe Oz vertical est orienté vers le bas. On pose $v_z = v$, valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système.

Données pour l'objet étudié :

Valeurs approchées de A et B calculées à partir de la géométrie de l'objet : $A \approx 1 \times 10^{1}\ m$; $B \approx 2 \times 10^{-2}\ m^2$	*masse du système : m = 22 g* ; *valeur du champ de pesanteur : g = 9,8 $m.s^{-2}$* ; *masse volumique de l'air :* $\rho_{air} = 1,2\ kg.m^{-3} = 1,2\ g.L^{-1}$; *viscosité dynamique de l'air :* $\eta_{air} = 2 \times 10^{-5}\ kg.m^{-1}.s^{-1}$

1. Rappeler ce que signifie le caractère uniforme du champ de pesanteur.

2. *Le système est soumis à trois forces, son poids $\vec{P}$, les frottements ($\vec{f}_1$ ou $\vec{f}_2$) et la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.*
Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3. Si l'on choisit le modèle 1, montrer que dans le référentiel terrestre (supposé galiléen), la vitesse v vérifie l'équation différentielle :

$$m.\frac{dv}{dt} = m.g\left(1 - \frac{V.\rho_{air}}{m}\right) - A.\eta_{air}.v \qquad (1)$$

De la même façon, montrer que pour le modèle 2 on obtient l'équation suivante :

$$m.\frac{dv}{dt} = m.g\left(1 - \frac{V.\rho_{air}}{m}\right) - B.\rho_{air}.v^2 \qquad (2)$$

4. Accélération initiale

4.1. Déduire des équations différentielles l'expression littérale de a_0, valeur de l'accélération à la date $t = 0$, en fonction de m, V, g et ρ_{air}. (On pourra prendre indifféremment l'une ou l'autre des deux équations différentielles pour trouver l'expression littérale de a_0).
4.2. Vérifier par une méthode graphique, sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**, que la valeur de l'accélération initiale a_0 est de l'ordre de : $a_0 = 6$ m.s^{-2}.
4.3. Retrouver cette valeur par un calcul sachant que le volume V du système est de l'ordre de 7 L.

5. Vitesse limite

5.1. Déterminer graphiquement sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9,** la valeur de la vitesse limite v_{lim}. La construction graphique devra apparaître sur la figure.
5.2. À l'aide de l'équation différentielle, démontrer dans le cas du modèle 1 que l'expression de cette vitesse limite est :

$$v_{lim,1} = \frac{m.g\left(1 - \frac{V.\rho_{air}}{m}\right)}{A.\eta_{air}}$$

On admet également dans le cas du modèle 2 que :

$$v_{lim,2} = \sqrt{\frac{m.g\left(1 - \frac{V.\rho_{air}}{m}\right)}{B.\rho_{air}}} \qquad \textit{(Ne pas démontrer cette relation)}$$

5.3. Calculer la valeur approchée de $v_{lim,1}$ en utilisant les données fournies en début d'énoncé. On rappelle que le volume V du système est de l'ordre de 7 L.
5.4. Sachant que $v_{lim,2} = 2$ m.s^{-1}, comparer ces deux vitesses limites avec la valeur v_{lim} trouvée expérimentalement. En déduire lequel des deux modèles est le plus adapté à l'étude réalisée.

6. Force de frottement et énergie : retour de la navette spatiale

Le travail de la force de frottement est dissipé sous forme de chaleur ; le bouclier thermique des navettes spatiales est destiné à les protéger lors de leur entrée dans l'atmosphère.

Pour l'expliquer sur un forum, l'élève a rédigé le texte suivant :
« La navette pèse 70 tonnes ; elle quitte une orbite basse (250 km) autour de la Terre et se déplace à environ 28 000 km/h par rapport à la Terre lorsqu'elle amorce sa descente. Le plus problématique avant l'atterrissage n'est pas de descendre de 250 km, mais de ralentir afin que la vitesse soit d'environ 400 km/h. Pour cela il faut dissiper environ 2 térajoules en 2 000 secondes, soit 1 mégawatt moyen ! Actuellement, cette énergie est dissipée sous forme de chaleur lors du frottement de la Navette avec l'air de l'atmosphère ; l'énergie cinétique de la navette diminue, la navette ralentit et se réchauffe ».

6.1. Citer les noms des formes d'énergie que possède la navette en orbite autour de la Terre.
6.2. Dans la phrase : « … *il faut dissiper 2 térajoules en 2000 secondes, soit 1 mégawatt moyen* », donner le nom des deux grandeurs physiques dont les valeurs numériques sont soulignées.
6.3. En ne prenant en compte que la variation de vitesse comme le suggère l'élève, calculer la valeur des deux grandeurs citées dans la question précédente, à partir des données fournies dans le texte. Vos résultats sont-ils en accord avec ceux de l'élève ?

Rappels : 1 térajoule = 1 TJ = 10^{12} J *1 mégawatt = 1 MW = 10^{6} W*

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III. AIRBAG ET CONDENSATEUR, QUEL RAPPORT ? (4 points)

Les technologies développées dans l'industrie microélectronique ont été transposées avec succès pour fabriquer des microsystèmes électromécaniques, c'est-à-dire des systèmes miniaturisés qui intègrent sur une même puce des parties mécaniques (capteurs d'accélération ou de pression, miroirs, micromoteurs) et des circuits électroniques associés.
Un des premiers microsystèmes à avoir été développé est l'accéléromètre. Il est entre autres utilisé pour déclencher le gonflage des airbags des véhicules en cas de choc brutal.

L'accéléromètre est constitué de deux pièces en forme de peignes complémentaires. L'une est fixe et constitue le cadre, l'autre est mobile à l'intérieur de ce cadre, suspendue par une lamelle flexible, sans contact entre les deux parties. L'ensemble constitue un condensateur. En cas de choc brutal du véhicule, la partie mobile se déplace par inertie dans le sens opposé au mouvement, comme le passager d'un bus qui est debout et se trouve projeté en avant quand le bus freine (voir ***figure 3****). Ce changement de distance entre le peigne mobile et le cadre modifie la capacité du condensateur. Dès que le circuit intégré détecte ce changement de capacité, il commande le gonflage de l'airbag, avant même que le conducteur et les passagers du véhicule ne soient projetés en avant.*



D'après « À la découverte du nanomonde » (www.nanomicro.recherche.gouv.fr) défis CEA et Internet.

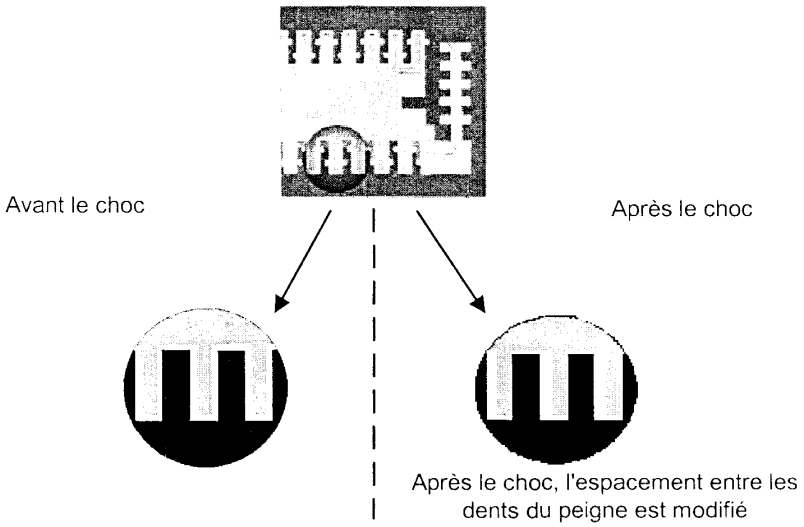


Figure 3 : Fonctionnement de l'accéléromètre et déclenchement d'airbag

Nous allons nous intéresser au principe de fonctionnement de ce dispositif. Le peigne mobile et le cadre constituent un condensateur de capacité C. Il est branché aux bornes d'une pile de résistance interne R et de force électromotrice E. Le circuit est modélisé par le schéma de la ***figure 4****.*

Données :
C = 100 pF (1 pF = 10^{-12} F).
E = 5,0 V

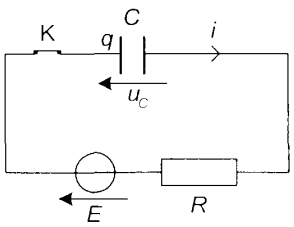


Figure 4

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1. Comportement de l'accéléromètre en dehors de chocs

La mise sous tension de l'accéléromètre revient à fermer l'interrupteur K du montage modélisant le dispositif représenté sur la ***figure 4****.*
Le condensateur est déchargé avant la fermeture de l'interrupteur.
A l'instant t = 0, on ferme l'interrupteur.
Les courbes représentant les variations de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en fonction du temps sont données sur la ***FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10.***

1.1. Sur cette figure, identifier en justifiant qualitativement la courbe correspondant à la tension et celle correspondant à l'intensité.
1.2. Délimiter de façon approximative et qualifier, sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10** les deux régimes de fonctionnement du circuit.
1.3. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps du dipôle RC.
Comparer cette valeur à la durée d'un choc de l'ordre de 200 ms.
1.4. Donner l'expression littérale de cette constante de temps.
En déduire un ordre de grandeur de la valeur de la résistance R.
1.5. Charge du condensateur.

1.5.1. Déterminer graphiquement sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10** les valeurs de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en régime permanent.
1.5.2. En déduire, en régime permanent, la valeur de la charge q du condensateur définie sur la **figure 4**.

2. Déclenchement de l'airbag

2.1. D'après le texte encadré, comment se nomment les parties de l'accéléromètre correspondant aux armatures mobile et fixe ?

2.2. *Le rapprochement des deux armatures provoqué par un choc entraîne une augmentation de la capacité du condensateur* ***(FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 10).*** *Il s'agit de comprendre les conséquences de cette variation.*
En tenant compte du fait que la constante de temps est très faible, on considérera que la valeur de la résistance est nulle.

2.2.1. Parmi les deux propositions suivantes donnant l'expression de la capacité C en fonction de la distance d entre les armatures du condensateur, choisir en justifiant celle qui peut convenir :

a) $C = k \cdot d$; b) $C = \dfrac{k}{d}$

2.2.2. Donner l'expression de la tension aux bornes du condensateur u_C et de la charge q du condensateur avant le choc, en fonction de E (on pourra s'aider d'un schéma du circuit).
2.2.3. Justifier que la tension aux bornes du condensateur n'est pas modifiée par le choc. En déduire que le choc a pour effet de faire augmenter la charge q du condensateur.

2.3. Sur le schéma de **LA FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, indiquer le sens de déplacement des électrons dans le circuit engendré par la variation de charge q du condensateur.

2.4. Donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q du condensateur.
Choisir parmi ces affirmations celle qui convient :
Le déclenchement du gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation :

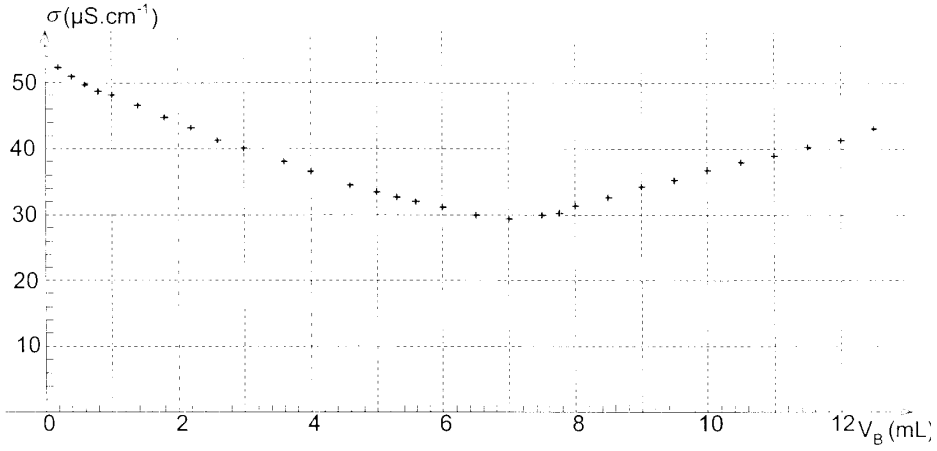
a) de tension aux bornes du condensateur
b) d'intensité du courant dans le circuit
c) de tension aux bornes du générateur.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

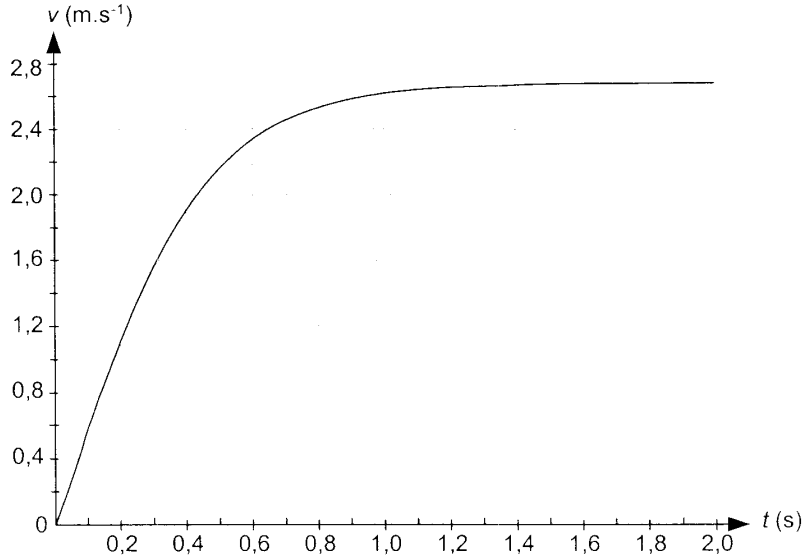
ANNEXE DE L'EXERCICE I

Figure 1 : courbe d'évolution de la conductivité de la solution au cours du dosage



ANNEXE DE L'EXERCICE II

Figure 2 : courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système



ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Figure 5 : courbes d'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant

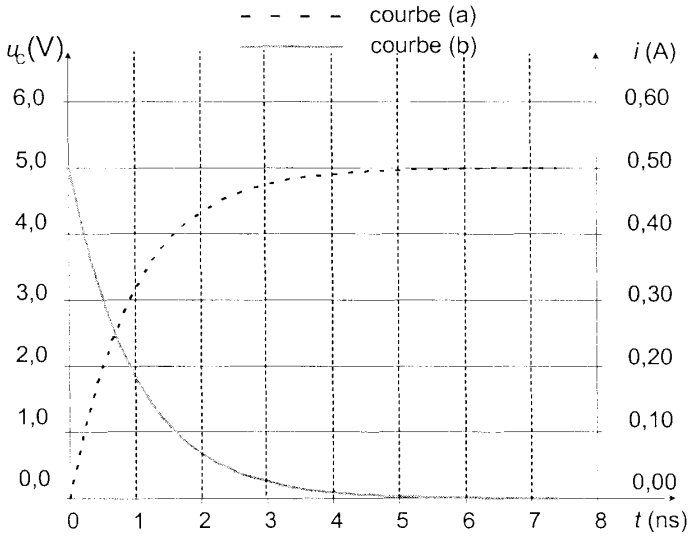
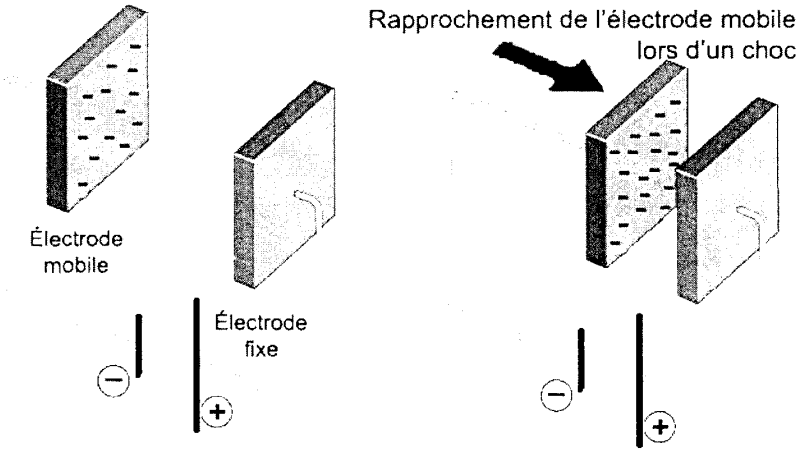


Figure 6 : rapprochement des deux armatures du condensateur lors d'un choc



a. avant le choc

b. pendant le choc

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer