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 CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexe (pages 12 et 13) 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 :

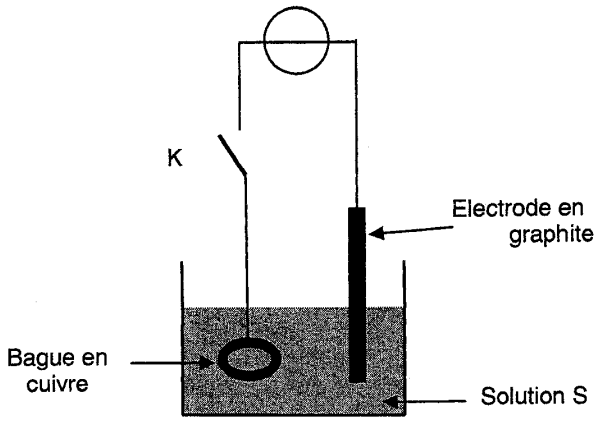
I. Un bijou peu coûteux. (6,5 points)
II. Etude d'une bobine par différentes méthodes (5,5 points)
III. Les dominos (4 points)

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE I : UN BIJOU PEU COÛTEUX (6,5 points)

L'argenture est un procédé encore très utilisé qui consiste à déposer une fine couche d'argent sur un métal moins noble, par exemple du cuivre pour la fabrication de bagues bon marché. Le protocole consiste à réaliser une électrolyse en utilisant une solution aqueuse de nitrate d'argent ($Ag^+(aq)$, $NO_3^-(aq)$) afin de déposer sur cette bague en cuivre de l'argent sous forme solide. Le volume de la solution S de nitrate d'argent introduite dans l'électrolyseur sera $V = 500$ mL et sa concentration en soluté apporté $C = 4{,}00\times10^{-3}$ mol.L^{-1}. La bague en cuivre, préalablement décapée, est complètement immergée dans la solution et reliée par un fil conducteur à un générateur comme le décrit le schéma ci-dessous.

Une électrode de graphite (considéré comme inerte) plongée dans la solution, permet la circulation d'un courant électrique. L'électrolyse commence lors de la fermeture de l'interrupteur K. Le générateur délivre alors pendant une durée notée Δt un courant électrique d'intensité I constante.
Au niveau de l'électrode de graphite, on observe un dégagement gazeux et sur l'électrode constituée par la bague, seul un dépôt d'argent apparaît distinctement.
On considérera que les anions nitrate NO_3^- ne subissent aucune transformation chimique au cours de l'électrolyse. Ils contribuent seulement au passage du courant électrique dans l'électrolyseur.



Données
Couple oxydo-réducteur : $Ag^+(aq)/Ag(s)$ $H^+(aq)/H_2(g)$ $O_2(g)/H_2O(\ell)$
Constante de Faraday F= 96500 C.mol^{-1} ;
Masses molaires en g.mol^{-1} : $M(Ag) = 107{,}9$ $M(H) = 1{,}0$ $M(O) = 16{,}0$

1- Bilan de l'électrolyse

1.1. La bague en cuivre constitue-t-elle l'anode ou la cathode pour cette électrolyse ? Justifier votre réponse.
Doit-elle être reliée à la borne positive ou négative du générateur de tension présent dans le montage ?

1.2. Quelle autre demi-équation d'oxydoréduction est susceptible de se produire à l'électrode constituée par la bague en cuivre ?

1.3. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction susceptible de se produire à l'électrode de graphite.

1.4. À l'aide des questions précédentes, justifier l'équation suivante traduisant le bilan de l'électrolyse : $4Ag^+(aq) + 2H_2O(\ell) = 4Ag(s) + O_2(g) + 4H^+(aq)$

1.5. La durée de l'électrolyse est de $\Delta t = 80$ min et l'intensité du courant vaut $I = 24$ mA

1.5.1 Déterminer la quantité $n(e^-)$ d'électrons échangée pendant cette durée.

1.5.2 Déterminer la quantité initiale d'ions Ag^+, $n_i(Ag^+)$, présents à la fermeture de l'interrupteur. Compléter le tableau d'avancement **en annexe page 12 à rendre avec la copie.**

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.5.3 En déduire l'avancement x de la réaction au bout de la durée de fonctionnement Δt.

1.5.4 Déterminer la masse d'argent m(Ag) déposée sur la bague en cuivre.

2- Choix d'une réaction support pour doser les ions argent restant après électrolyse

Dans un tube à essais contenant un volume $V = 5{,}0$ mL de solution de nitrate d'argent ($Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$) de concentration en soluté apporté $C = 4{,}00\times10^{-3}$ mol.L^{-1}, on ajoute un volume $V_1 = 1{,}0$ mL de solution aqueuse de chlorure de sodium ($Na^+(aq) + Cl^-(aq)$) de concentration en soluté apporté $C_1 = 1{,}00\times10^{-1}$ mol.L^{-1}. On observe la formation d'un précipité blanc de chlorure d'argent AgCl(s).

2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique ayant lieu dans le tube à essais.

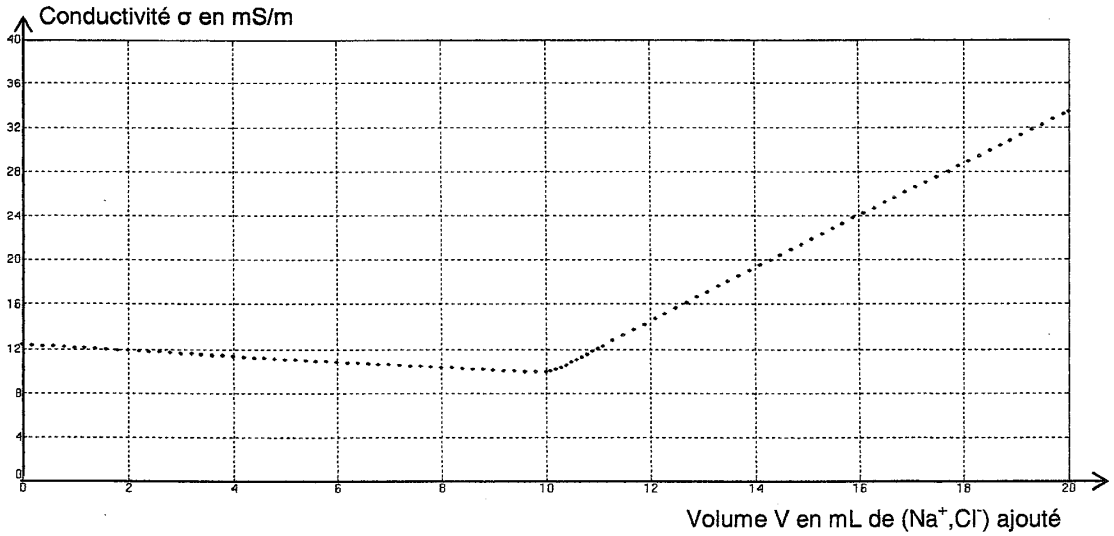
2.2. Exprimer littéralement le quotient de réaction Q_r pour la réaction ainsi écrite.

2.3. Calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial où les réactifs seraient mélangés sans avoir commencé à réagir.

2.4. Sachant que la valeur de la constante d'équilibre à 25°C est de $K = 6{,}4\times10^9$, déterminer le sens d'évolution du système chimique (Justifier votre réponse). Votre résultat est-il en accord avec l'observation faite dans le tube à essais ? Justifier votre réponse.

3- Détermination de la masse d'argent déposée sur la bague en cuivre

On propose de vérifier la valeur de la masse d'argent déposée sur la bague électrolysée en utilisant comme réaction support de dosage celle qui a été déterminée à la question 2.1. On réalise alors un titrage par conductimétrie en récupérant toute la solution S de nitrate d'argent contenue dans l'électrolyseur que l'on place dans un récipient adapté. Cette solution a un volume V = 500 mL (on admet que ce volume n'a pas varié après les diverses réactions aux électrodes). On mesure la conductivité du mélange après chaque ajout de la solution titrante de chlorure de sodium de concentration en soluté apporté $C_1 = 1{,}00\times10^{-1}$ mol.L^{-1}. On obtient la courbe ci-dessous :



Pendant le titrage, on négligera les variations de volume du mélange.

3.1. Parmi la liste de matériel proposé **en annexe page 12 à rendre avec la copie**, cocher celui nécessaire à la réalisation du titrage décrit ci-dessus.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

3.2. Définir l'équivalence lors de ce titrage.

3.3. Déterminer, à l'aide de la courbe ci-dessus, le volume noté V_E de la solution de chlorure de sodium versée à l'équivalence.

3.4. Exprimer la quantité de matière des ions argent restants $n_r(Ag^+)$ dans la solution S en fonction de C_1 et V_E.

3.5. Exprimer la quantité de matière d'ions argent $n_c(Ag^+)$ consommés lors de l'électrolyse en fonction de C_1, V_E *et* $n_i(Ag^+)$, (calculé à la question 1.5.2). Calculer $n_c(Ag^+)$.

3.6. En déduire que la masse d'argent $m(Ag)$ déposé sur la bague en cuivre est de 0,11 g.

3.7. Votre réponse est-elle cohérente avec celle donnée à la question 1.5.4 ? Proposer une explication permettant de justifier l'écart possible.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

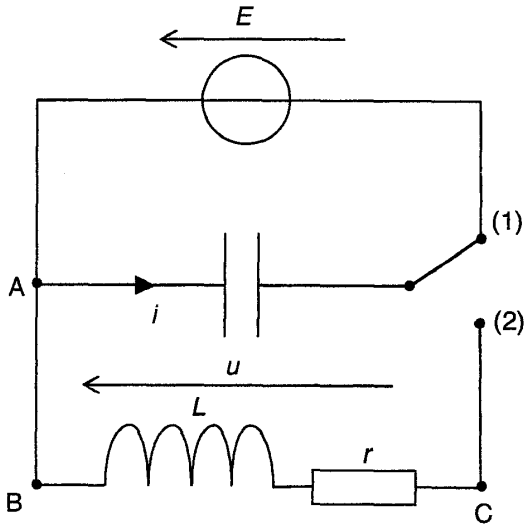
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Exercice II : ETUDE D'UNE BOBINE PAR DIFFÉRENTES METHODES (5,5 points)

On se propose dans cet exercice de déterminer l'inductance d'une bobine par différentes méthodes. On dispose pour cela d'un dispositif d'acquisition et d'un logiciel adapté. Dans la première partie de l'exercice la résistance du circuit sera non nulle. Dans les deuxième et troisième parties, un dispositif adapté (non représenté sur les circuits) permettra d'annuler la résistance de l'ensemble.

On considère le montage suivant composé :

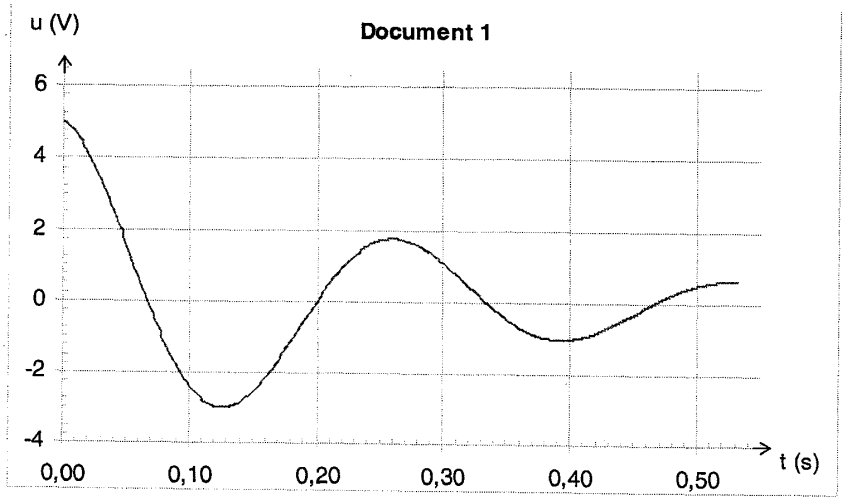
- d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 5{,}0$ V ;
- d'un condensateur de capacité $C = 2200$ µF ;
- d'une bobine d'inductance L à déterminer, comprise entre 600 et 900 mH, de résistance $r = 15\ \Omega$;
- d'un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur.



1. Détermination de l'inductance par une méthode temporelle

Le condensateur étant initialement chargé, à la date $t = 0$, on bascule l'interrupteur de la position (1) vers la position (2). Le système d'acquisition relié à l'ordinateur permet d'enregistrer la courbe d'évolution de la tension u aux bornes du condensateur en fonction du temps. La courbe obtenue est représentée sur le **document 1** ci-dessous.

Document 1



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.1. Quel est le phénomène observé ?

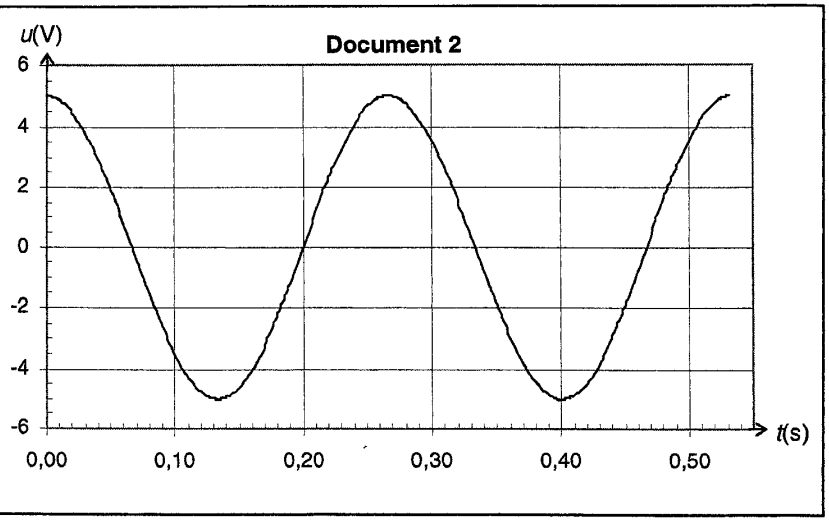
1.2. Déterminer graphiquement la pseudo-période T de la tension.

1.3. En assimilant la pseudo-période à la période propre T_0, calculer la valeur L de l'inductance de la bobine.

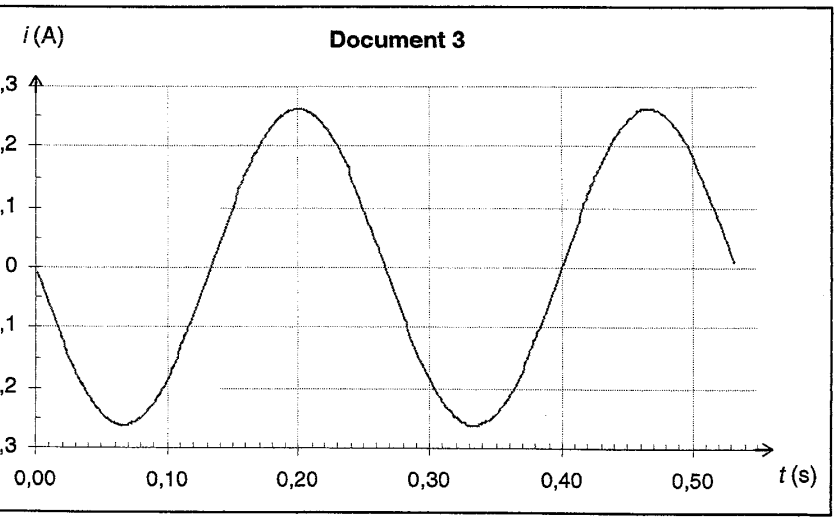
2. Détermination de l'inductance par une méthode énergétique

L'objectif de cette partie est de déterminer la valeur de l'inductance de la même bobine par une méthode énergétique. On notera par la suite E_C l'énergie emmagasinée dans le condensateur, E_B l'énergie emmagasinée dans la bobine et E_T l'énergie totale du circuit. On ajoute au circuit précédent un dispositif qui permet d'annuler la résistance de la bobine sans modifier son inductance. On considérera pour la suite de l'exercice que le nouveau circuit ainsi obtenu est composé uniquement d'un condensateur et d'une bobine idéale (*résistance nulle*).
On charge à nouveau le condensateur avant de basculer l'interrupteur en position (2) à la date t = 0 s. Le logiciel permet de tracer les courbes donnant l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur, (document 2), de l'intensité (document 3) et des différentes formes d'énergie en fonction du temps (document 4).

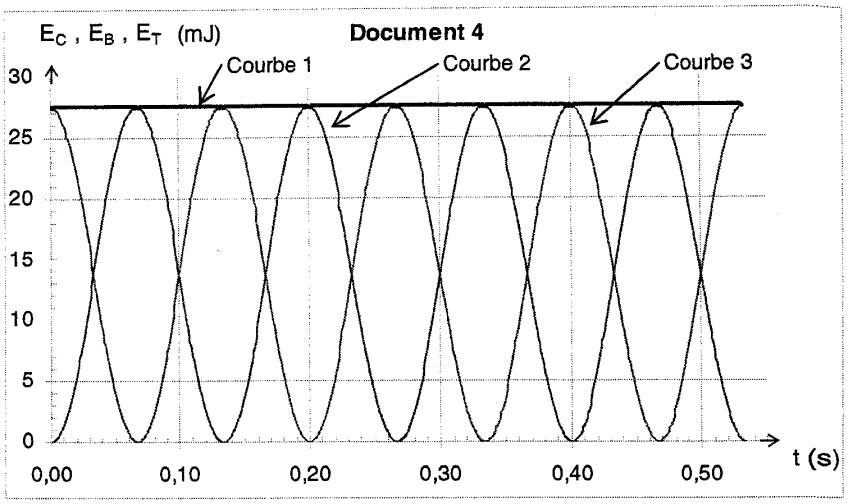
Document 2



Document 3



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer



2.1. Rappeler les expressions littérales des énergies E_C et E_B en fonction de L, C, u et i.

2.2. En déduire l'expression de l'énergie E_T du circuit, en fonction de L, C, u et i.

2.3. Identifier sur le document 4, les courbes donnant l'évolution de E_B, E_C et de E_T. Justifier votre réponse.

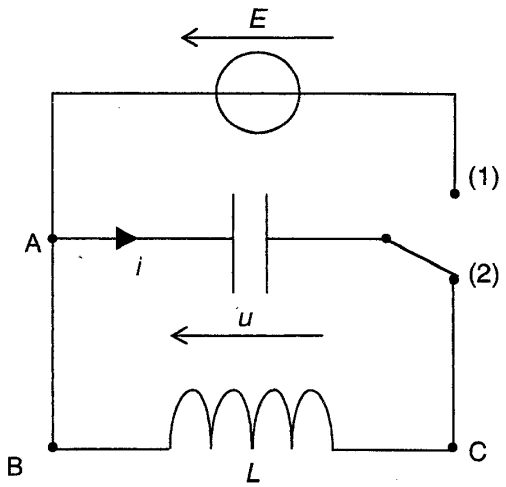
2.4. Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie E_T du circuit.

2.5. Dans quel dipôle est emmagasinée l'énergie à la date $t = 0{,}20$ s? Justifier votre réponse.

2.6. En déduire la valeur de l'inductance de la bobine. L'exploitation d'un document peut s'avérer nécessaire pour répondre à cette question.

3. Modélisation de la tension et de l'intensité

On souhaite établir l'expression de la tension en fonction du temps et celle de l'intensité en fonction du temps. Comme pour la partie 2, on considèrera comme nulle la résistance totale du circuit.



3.1. En tenant compte des conventions d'orientation figurant sur le schéma du circuit, donner l'expression de la tension u aux bornes de la bobine en fonction de l'intensité i du courant qui la traverse et de son inductance L.

3.2. Donner l'expression de l'intensité i du courant qui parcourt le circuit, lorsque l'interrupteur est en position (2), en fonction de la tension u et de la capacité C du condensateur.

3.3. En déduire l'équation différentielle vérifiée par le circuit sous la forme $\ddot{u} + A^2 u = 0$ dans laquelle A représente une constante à déterminer littéralement en fonction de L et C.

3.4. La solution de l'équation différentielle est de la forme $u(t) = u_{max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$. Dans cette expression u_{max} représente l'amplitude ($u_{max} > 0$), T_0 représente la période propre et φ la phase à l'origine.

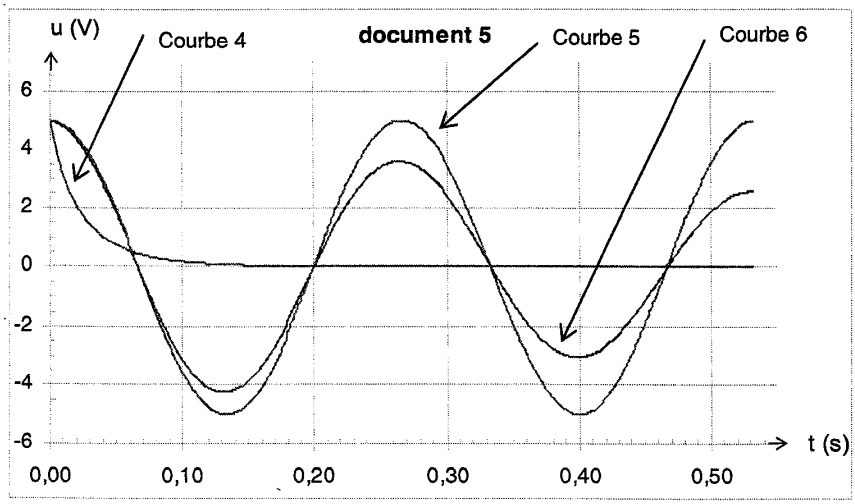
3.4.1. À partir de l'enregistrement de l'évolution de la tension (document 2) déterminer les valeurs des constantes u_{max} et φ puis écrire $u(t)$ sous forme numérique.

3.4.2. En déduire l'expression numérique de $i(t)$.

4. Comparaison de différents régimes de fonctionnement

Le dispositif destiné à annuler la résistance de la bobine peut être réglé de façon que la résistance totale du circuit soit plus ou moins importante. On réalise des acquisitions en déchargeant le condensateur dans la bobine et en testant successivement différents réglages du dispositif de compensation de la résistance de la bobine.

On réalise 4 expériences et, pour chacune d'entre elles, on mesure la résistance totale du circuit de décharge, comportant le condensateur, la bobine et le dispositif de compensation de résistance.
On enregistre à chaque fois la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps (courbes du document 5).



4.1. Compléter le tableau donné **en annexe page 13 à rendre avec la copie**.

4.2. Justifier l'aspect de la courbe 6 par des considérations énergétiques.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III : LES DOMINOS (4 points)

On souhaite préparer le départ d'une bille pour un « dominos-cascade ». La bille lancée doit aller percuter le premier domino pour déclencher les chutes en cascade. Les dominos étant déjà tous installés, on ne peut pas faire d'essais : les conditions de lancer et la trajectoire doivent donc être calculées.
Le schéma ci-dessous (figure 1) décrit la situation. Attention, les échelles ne sont pas respectées.
On suppose dans l'ensemble de l'exercice que:

- le référentiel terrestre est galiléen le temps de l'expérience ;
- la bille est assimilée à un point matériel ;
- les frottements solides et fluides sont négligeables.

On prendra $g = 9{,}8$ N.kg^{-1}.
La masse de la bille est $m = 60$ g.

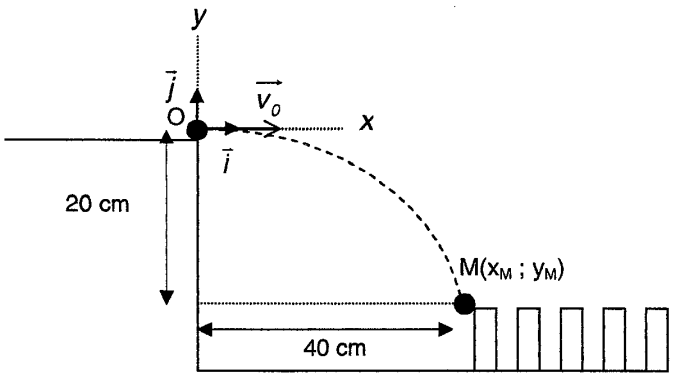


Figure 1

1. Equation de la trajectoire.
On suppose dans cette partie que la bille arrive en O de coordonnées (0 ; 0) avec une vitesse $\vec{v_0} = v_0\vec{i}$ de direction horizontale. L'instant où la bille arrive en ce point sera pris comme origine des temps (t = 0).

1.1. A quelle force est soumise la bille entre les points O et M exclus.

1.2. En appliquant la seconde loi de Newton à la bille lorsqu'elle a quitté le point O, établir la relation entre le vecteur accélération du centre d'inertie de la bille $\vec{a}$ et le vecteur accélération de pesanteur $\vec{g}$.

On montre que les coordonnées du vecteur vitesse du centre d'inertie de la bille dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$ *sont :* $v_x(t) = v_0$ *et* $v_y(t) = -g\,t$

1.3. Montrer alors que l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de la bille entre O et M est :

$$y(x) = \frac{-g\,x^2}{2\,v_0^{\,2}}$$

1.4. Calculer v_0 pour que le centre d'inertie de la bille arrive en M dont les coordonnées dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$ sont $x_M = 0{,}40$ m et $y_M = -0{,}20$ m.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Solutions techniques pour que la bille arrive en O avec la vitesse $\vec{v_0}$.

2.1. Utilisation d'un plan incliné :

Dans cette situation (illustrée par la figure 2 ci après), la bille est lâchée sans vitesse initiale d'un point A (de coordonnées x_A et y_A) situé en haut d'un plan incliné réglable très lisse sur lequel la bille glisse sans frottement.

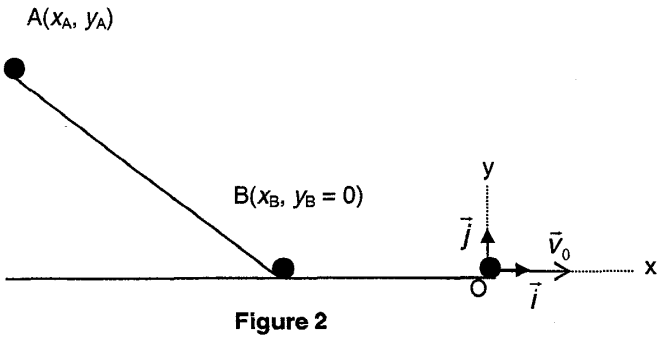


Figure 2

Ensuite, la bille roule entre les points B et O : sur cette portion on considèrera que la valeur de la vitesse du centre d'inertie de la bille reste constante ; ainsi on aura $v_B = v_0$.

Sur la portion AB, on peut considérer que la bille est soumise à deux forces constantes : le poids $\vec{P}$ et la réaction du plan incliné $\vec{R}$. En un point quelconque du trajet AB, ces vecteurs forces sont représentés sur la figure 3 ci après (représentation sans considération d'échelle).

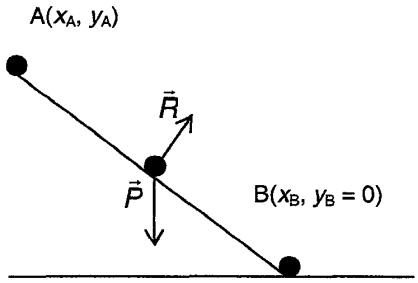


Figure 3

La force $\vec{R}$ dont la direction est constamment perpendiculaire au trajet AB n'effectue aucun travail. Ainsi, la seule force qui effectue un travail sur le trajet AB est le poids $\vec{P}$ qui est une force conservative : on peut donc affirmer que l'énergie mécanique du système {bille-Terre} se conserve entre A et B.

L'origine des énergies potentielles de pesanteur est prise au point O d'altitude $y_0 = 0$. On a donc $E_p(O) = 0$.

2.1.1. Établir l'expression de l'énergie mécanique $E_M(A)$ de la bille en A en fonction de y_A.

2.1.2. Établir l'expression de l'énergie mécanique $E_M(B)$ de la bille en B en fonction de v_B.

2.1.3. En déduire l'expression de y_A en fonction de $v_0 = v_B$

2.1.4. Calculer y_A pour que v_0 ait la valeur de 2,0 $m.s^{-1}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.2. Utilisation d'un canon à bille :

Si on ne dispose pas de la place nécessaire à l'installation du plan incliné précédent, on peut utiliser un petit canon à ressort de raideur $k = 50$ N.m^{-1} (voir figure 4 ci après).

Le ressort au repos a son extrémité en O de coordonnées (0, 0). L'opérateur le comprime en exerçant une force notée $\overrightarrow{F_{op}}$ jusqu'à ce que son extrémité soit en C de coordonnées (x_C, 0).

On pose alors la bille au contact du ressort. On admet que l'abscisse de la bille (assimilée à un point matériel) est confondue avec l'abscisse de l'extrémité du ressort est repérée par x. Lorsqu'on lâche le tout, la bille acquiert de la vitesse. Un système de blocage limite la détente complète en arrêtant le ressort au point O (de coordonnées 0 ; 0).

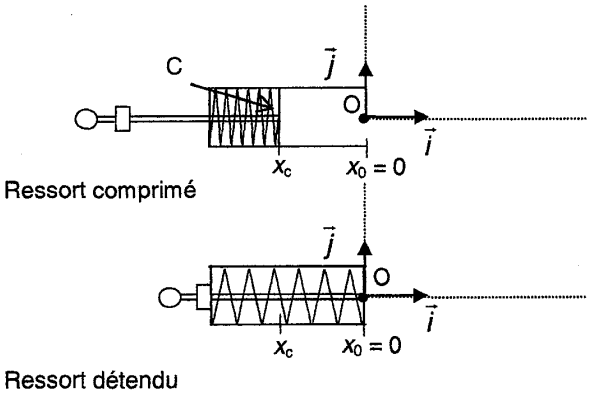


Figure 4

2.2.1. Donner l'expression vectorielle de la force de rappel notée $\vec{F}$ exercée par le ressort.

2.2.2. Au cours de la compression du ressort, la force exercée par l'opérateur et notée $\overrightarrow{F_{op}}$ est à chaque instant opposée à la force de rappel du ressort $\vec{F}$. En déduire l'expression vectorielle de la force $\overrightarrow{F_{op}}$.

2.2.3. Montrer que le travail de la force $\overrightarrow{F_{op}}$ entre les points O et C a pour expression :

$$W_{OC}(\vec{F}_{op}) = \frac{1}{2} k x_C^2$$

2.2.4. Le travail de $\overrightarrow{F_{op}}$ a uniquement contribué à augmenter l'énergie potentielle élastique du ressort. Si on considère que, après avoir été relâché, celui-ci la restitue entièrement à la bille sous forme d'énergie cinétique, exprimer x_C en fonction de v_0, m et k.

2.2.5. Application numérique : calculer la coordonnée x_C dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ pour que v_0 ait la valeur 2,0 m.s^{-1}.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXES DE L'EXERCICE I

Question 1.5.2 : tableau d'avancement à compléter

Équation de la transformation chimique		$4Ag^+(aq) + 2H_2O(\ell) = 4Ag(s) + O_2(g) + 4H^+(aq)$					
État du système	Avancement en mol	$n(Ag^+)$ en mol	$n(H_2O)$ en mol	$n(Ag)$ en mol	$n(O_2)$ en mol	$n(H^+)$ en mol	$n(e^-)$ échangés
État initial	x = 0		Excès			Excès	
État intermédiaire	x		Excès			Excès	

Question 3.1. : compléter le tableau en cochant dans la deuxième colonne le matériel nécessaire au dosage

Matériel proposé	Matériel nécessaire pour le dosage
Burette de 25,0 mL	
Becher de 1,0 L	
Becher de 250 mL	
Becher de 50 mL	
Conductimètre avec sa sonde	
pHmètre avec son électrode	
Agitateur magnétique	
Barreau aimanté	
Eprouvette graduée de 25 mL	
Eprouvette graduée de 100 mL	
Pipette graduée de 10,0 mL	
Pipette graduée de 25,0 mL	

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 12 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 4.1.

Résistance totale du circuit de décharge (Ω)	N° de la courbe correspondante	Nom du régime associé	Justification
0			
2,0			
80			