AlloSchool

Physique et Chimie : 2ème Année Bac SMA-SMB

Examen National 2021 Normale

Professeur : Mr El GOUFIFA Jihad

I- Exercice 1 : Chimie (7 pts)

Les parties I et II sont indépendantes

Partie I : A propos de l'acide formique

L'acide carboxylique le plus simple est l'acide méthanoïque ou formique $HCOOH$ Dans la nature, on le trouve dans les orties et dans le venin de plusieurs insectes comme les abeilles et les fourmis.

Quand une fourmi pique un corps, elle injecte, à chaque piqûre, environ un volume $V_i = 6,0.10^{-3}cm^3$ d'une solution S_1, ce qui représente la majorité du volume total de la solution urticante disponible dans l'abdomen d'une "fourmi typique". Le volume d'acide méthanoïque contenu dans la solution S_1 représente 50 % de V_i.

Données :

- Masse volumique de l'acide méthanoïque : $\rho = 1,22g.cm^{-3}$
- Masses molaires : $M(HCOOH) = 46,0g.mol^{-1}$; $M(NaHCO_3) = 84,0g.mol^{-1}$
- Couples acide/base : $(CO_2, H_2O)_{(aq)}/HCO^-_{3(aq)}$; $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$

1) Montrer que la quantité de matière d'acide méthanoïque qu'une fourmi typique injecte à chaque piqûre est $n_i \simeq 7,96.10^{-2}mmol$. (0,5pt)

2) L'hydrogénocarbonate de sodium $HCO^-_{3(aq)} + Na^+_{(aq)}$ est souvent utilisé pour traiter les piqûres de fourmis.

2-1/ Écrire l'équation correspondant à la réaction entre l'hydrogénocarbonate de sodium et l'acide méthanoïque (cette réaction est supposée totale). (0,5pt)

2-2/ Déterminer la masse d'hydrogénocarbonate de sodium nécessaire pour réagir complètement avec la quantité de matière de l'acide contenu dans la solution injectée. (0,75pt)

3) Dès que la solution est injectée, elle se dilue dans l'eau du corps pour produire une solution aqueuse d'acide méthanoïque S_2. On considère que la solution injectée se dissout immédiatement dans $1,00mL$ d'eau du corps. On néglige dans le calcul le volume d'acide méthanoïque injecté. Le pH de la solution S_2 est $pH = 2,43$.

3-1/ Déterminer le pourcentage de molécules d'acide méthanoïque qui réagit dans la solution S_2. Écrire alors l'équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau. (0,5pt)

3-2/ Montrer que le pK_A du couple $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$ est $pK_A \simeq 3,74$. (0,5pt)

4) On prépare une solution aqueuse S_3 d'acide méthanoïque de même concentration molaire que la solution S_2.

4-1/ On ajoute $50,0mL$ d'eau distillée à $25,0mL$ de la solutions S_3. Trouver la valeur du pH de la solution obtenue. (0,5pt)

4-2/ On ajoute $7,50mL$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_b = 0,1mol.L^{-1}$ à $10,0mL$ de la solutions S_3.

4-2-1- Écrire l'équation de la réaction qui se produit. (0,5pt)

4-2-2- Déterminer la valeur du pH du mélange réactionnel. (0,75pt)

Partie II : Étude de la pile plomb-fer

On étudie la pile de deux plomb-fer qui fait intervenir les deux couples ox/red : $Pb^{2+}_{(aq)}/Pb_{(s)}$ et $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$.

On la constitue de deux compartiments liés par un pont salin.

Le premier compartiment est constitué d'une lame de plomb plongée dans un volume $V = 100mL$ d'une solution aqueuse de nitrate de plomb $Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)}$ de concentration molaire initiale $\left[Pb^{2+}_{(aq)}\right]_i = 1,0.10^{-3}mol.L^{-1}$. Le deuxième compartiment est constitué d'une lame de fer plongée dans un volume $V = 100mL$ d'une solution aqueuse de chlorure est de fer (II) $Fe^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$ de concentration molaire initiale $\left[Fe^{2+}_{(aq)}\right]_i = 4,0.10^{-2}mol.L^{-1}$.

La partie immergée de la lame de fer dans la solution est en excès.

Données :

- Le faraday :$1F = 9,65.10^4 C.mol^{-1}$.
- Masse molaire du plomb : $M(Pb) = 207g.mol^{-1}$.

On monte en série avec la pile un conducteur ohmique (D), un ampèremètre (A) et un interrupteur K.

A un instant de date $t_0 = 0$, on ferme le circuit, l'ampèremètre indique alors le passage d'un courant électrique d'intensité I_0 considérée constante.

On négligera l'oxydation des ions $Fe^{2+}_{(aq)}$ par le dioxygène dissous dans l'eau.

Au cours du fonctionnement de la pile, la masse de la lame de plomb a augmenté de $2,07mg$ après une durée de fonctionnement $\Delta t = t_1 - t_0$.

1) Donner le nombre d'affirmations fausses parmi les affirmations suivantes : (0,5 pt)

- a- La réduction se produit au niveau de l'électrode de fer.
- b- L'oxydation se produit au niveau de l'électrode de plomb.
- c-La lame de fer représente la cathode et c'est le pôle négatif de la pile,
- d- La lame de plomb représente l'anode et c'est le pôle négatif de la pile.

2) Écrire l'équation bilan lors du fonctionnement de la pile. (0,5 pt)

3) Déterminer à l'instant t_1, le quotient de réaction lors du fonctionnement de la pile. (0,75 pt)

4) Sachant que l'intensité du courant est $I_0 = 2mA$, trouver la valeur de l'instant t_1. (0,75 pt)

II- Exercice 2 : Ondes - Vérification de la pureté d'une huile (2 pts)

La célérité du son dans une huile végétale dépend de sa pureté. La valeur de la célérité V_h du son dans une huile d'olive pure se situe entre $1595m.s^{-1}$ et $1600m.s^{-1}$.

Pour tester une huile d'olive au laboratoire, on utilise le montage de la figure l qui permet de comparer les durées de parcours d'une onde ultrasonore dans des milieux différents.

L'émetteur E d'ultrasons génère simultanément deux salves d'ondes. Les récepteurs A et B sont reliés à une interface d'acquisition qui déclenche l'enregistrement des signaux dès que le récepteur B détecte en premier les ultrasons. L'huile testée est disposée dans un tube en verre entre l'émetteur E et le récepteur B, tandis que l'air sépare l'émetteur E du récepteur A (figure 1) :

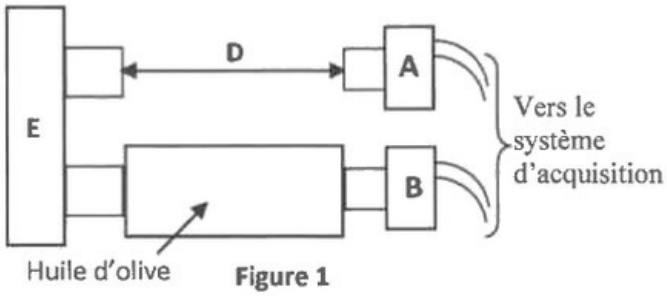

Figure 1

Pour chaque valeur D de la longueur du tube on mesure, par l'intermédiaire du système informatique, la durée Δt écoulée entre les deux signaux reçus en A et B.

A partir de ces mesures on obtient la courbe de la figure 2 représentant les variations de Δt en fonction de D :

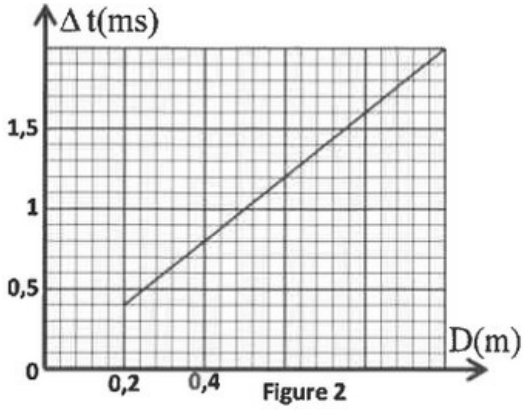

Figure 2

1) Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes longitudinales ou transversales ? Justifier. (0,5pt)

Les ultrasons utilisés dans l'expérience précédente ont une fréquence de $40kHz$. Leur célérité dans l'air est $V_a = 340m.s^{-1}$.

2) Calculer la distance parcourue par ces ultrasons dans l'air pendant une période. (0,5pt)

3) Exprimer Δt en fonction de D, V_h et V_a. (0,5pt)

4) L'huile testée est-t-elle pure ? Justifier. (0,5pt)

III- Exercice 3 : Transformations nucléaires - Stabilité des noyaux, réaction de fission (1,5 pts)

Données

- Masse des particules :

$m(\alpha) = 4,001506u$; $m\left({}^{10}_{5}B\right) = 10,012938u$; $m\left({}^{A}_{Z}Li\right) = 7,016005u$

- Énergie de liaison de la particule α : $E_l = 28,295244MeV$
- $1u = 931,5MeV.c^{-2}$
- Masse du neutron : $m_n = 1,008665u$
- Masse du proton : $m_p = 1,007276u$

1- Diagramme de Segré

La figure 1 représente le diagramme de Segré (Z, N) dont lequel les noyaux stables correspondent aux cases grisées dans le diagramme :

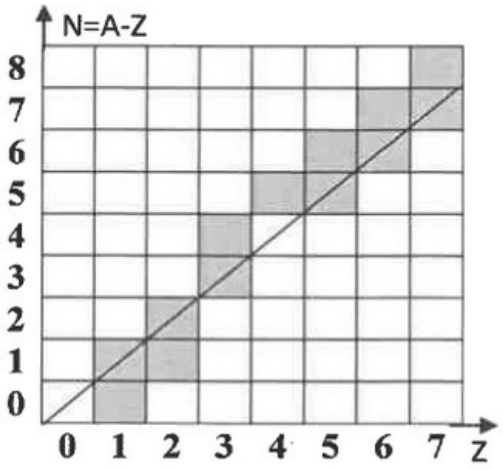

Figure 1

Donner le nombre d'affirmations justes : (0,5pt)

- a- La non stabilité d'un noyau peut être due au grand nombre de nucléons qu'il contient.
- b- La stabilité d'un noyau peut être due au grand nombre de neutrons par rapport au nombre de protons qu'il contient.
- c- Les isotopes d'un même élément ${}^{A}_{Z}X$ se trouvent sur la même ligne dans le diagramme de Segré (Z, N).
- d-Les noyaux ${}^{10}_{5}B$, ${}^{14}_{6}C$ et ${}^{12}_{5}B$ sont radioactifs α.
- e- Le noyau ${}^{10}_{5}B$ est stable.

2- Fission nucléaire

1) Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant au bombardement d'un noyau de bore ${}^{10}_{5}B$ par un neutron pour former une particule α et un noyau de lithium ${}^{A}_{Z}Li$ en déterminant A et Z. (0,25pt)

2) Comparer la stabilité de la particule α avec celle du ${}^{A}_{Z}Li$. (0,5pt)

3) Calculer, en unité MeV, l'énergie $|\Delta E|$ libérée par la fission d'un noyau de bore 10. (0,25pt)

IV- Exercice 4 : Électricité (5 pts)

Cet exercice vise l'étude de :

- La charge d'un condensateur et sa décharge dans une bobine.
- La modulation et la démodulation d'amplitude d'une onde électromagnétique.

1- Charge d'un condensateur et sa décharge dans une bobine

On réalise le montage représenté sur le schéma de la figure 1. Ce montage comprend :

- un générateur idéal de courant.
- un condensateur de capacité C variable, initialement non chargé.
- une bobine (b) d'inductance $L = 8,6mH$ et de résistance $r = 12\Omega$.
- un microampèremètre.
- un interrupteur K.

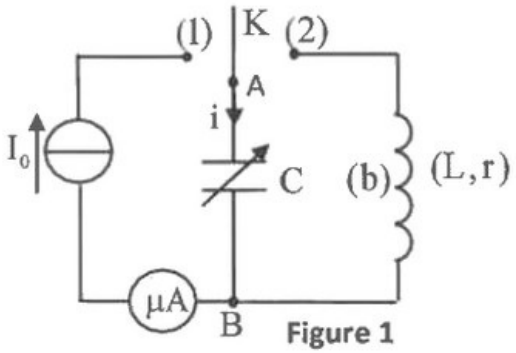

Figure 1

On ajuste la capacité du condensateur sur une valeur C_0.

On place l'interrupteur K en position (1) à un instant de date $t = 0$. Le microampèremètre indique $I_0 = 10\mu A$. Un système de saisie informatique convenable permet d'avoir le graphe de la figure 2 représentant $\sqrt{E_e} = f(t)$ avec E_e étant l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à un instant t :

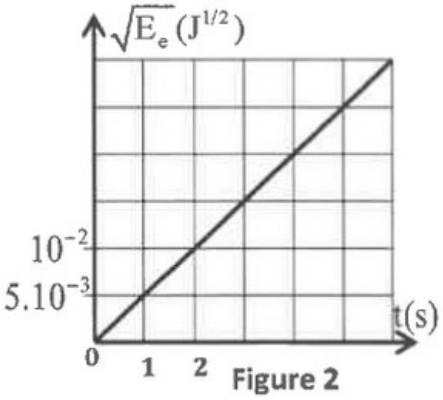

Figure 2

1-1/ Donner l'expression de l'énergie emmagasinée dans le condensateur en fonction de sa charge q et de sa capacité C_0. (0,25pt)

1-2/ Montrer que $C_0 = 2\mu F$. (0,75pt)

1-3/ Lorsque la tension aux bornes du condensateur prend la valeur $u_{AB} = 40V$, on place l'interrupteur K en position (2) à un instant choisi comme une nouvelle origine des dates $(t = 0)$. Un dispositif approprié permet de visualiser la courbe donnant les variations au cours du temps de l'intensité du courant $i(t)$ dans le circuit (figure 3) :

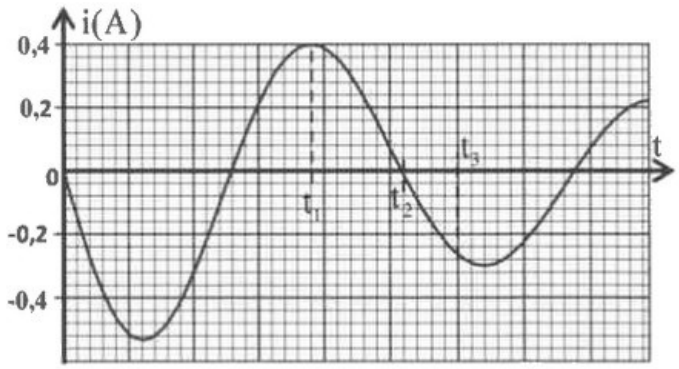

Figure 3

1-3-1- Calculer l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit entre les instants $t = 0$ et $t = t_1$ (figure 3). (0,75pt)

1-3-2- Indiquer, en justifiant, si le condensateur se charge ou se décharge entre les instants t_2 et t_3 (figure 3). (0,5pt)

2- Modulation et démodulation d'amplitude d'une onde électromagnétique

On peut transmettre une information à grande distance, en modulant l'amplitude d'une onde électromagnétique
qui se propage d'un émetteur à un récepteur.

L'émetteur doit assurer la production de l'onde électromagnétique et sa modulation pour porter le signal informatif. Quant au récepteur, il doit être conçu pour démoduler fonde et récupérer le signal informatif, fournissant du sens pour l'utilisateur. La modulation d'amplitude consiste à varier l'amplitude de fonde porteuse au cours du temps selon l'évolution temporelle du signal informatif à transmettre.

Afin d'obtenir un signal modulé en amplitude, on utilise un circuit intégré multiplieur X (figure 4) :

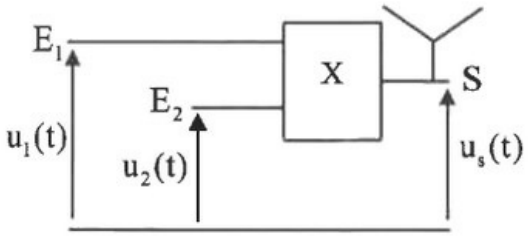

Figure 4

On applique à l'entrée :

- E_1 : la tension $u_1(t) = s(t) + U_0$ avec $s(t) = S_m.\cos(2\pi.f.t)$ représentant le signal informatif et U_0 la tension de décalage.
- E_2 : une tension sinusoïdale représentant la porteuse $u_2(t) = U_m.\cos(2\pi.F.t)$.

La tension de sortie $u_s(t)$ obtenue est $u_s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$; k est une constante qui dépend du circuit intégré X.

La tension de sortie $u_s(t)$ ainsi définie s'exprime par $u_s(t) = S(t).\cos(2\pi.F.t)$ avec $S(t) = A\,[1 + m.\cos(2\pi f.t)]$.

Dans cette expression $S(t)$ est l'amplitude de la tension modulée et m le taux de modulation.

Un dispositif approprié permet de visualiser simultanément deux des tensions $u_1(t)$, $u_2(t)$ et $u_s(t)$. On observe ainsi les oscillogrammes (a) et (b) de la figure 5 :

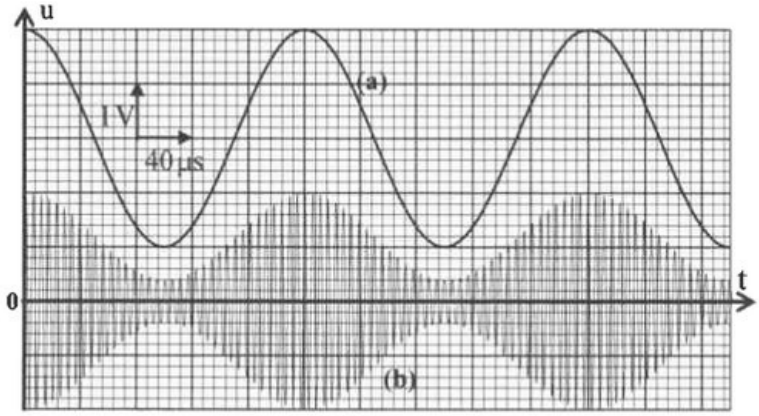

Figure 5

2-1/ Indiquer, en justifiant, pour chacun des oscillogrammes de la figure 5, s'il correspond au signal modulant, au signal modulé ou à la porteuse. (0,5pt)

2-2/ En se basant sur les oscillogrammes de la figure 5, déterminer :

2-2-1- la fréquence de la porteuse et celle du signal informatif. (0,5pt)

2-2-2- le taux de modulation m. (0,5pt)

2-3/ Démodulation de l'onde

La figure 6 schématise un constituant de récepteur radio lié au circuit de démodulation. Ce constituant est équivalent à la bobine (b) précédente d'inductance L et de résistance r associée au condensateur de capacité C variable :

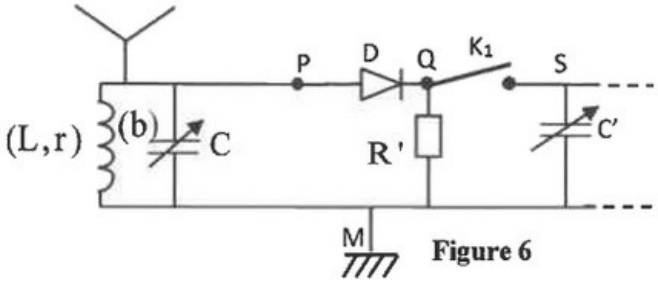

Figure 6

Le circuit formé par la bobine (b) et le condensateur est mis en vibration forcée par l'intermédiaire de l'antenne qui capte toutes les ondes émises par toutes les stations.

Pour écouter une seule station, il suffit d'accorder la fréquence propre du circuit à la fréquence de l'émetteur en régulant la capacité du condensateur. (On prendra : $\pi^2 = 10$)

2-3-1- Calculer la valeur à laquelle il faut ajuster la capacité C de l'élément récepteur pour que la fréquence propre soit $N_0 = 180kHz$. (0,5 pt)

2-3-2- Trouver alors l'intervalle des valeurs de la capacité C' pour avoir une bonne détection d'enveloppe sachant que la fréquence de l'information émise est $N_i = 5kHz$ et R' $= 100k\Omega$. (0,75pt)

V- Exercice 5 : Mécanique (4,5 pts)

Les parties I et II sont indépendantes.

Partie I : Mouvement d'une luge

On étudie le mouvement d'une luge modélisée par un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m dans deux phases de son parcours :

- Première phase : Mouvement rectiligne de (S) sur un plan incliné.
- Deuxième phase : Chute verticale de (S) dans l'eau.

Données :

Masse de la luge : $m = 20kg$.
Intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$.

1- Première phase : Mouvement de la luge sur un plan incliné

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans le repère $\left(A; \vec{i}; \vec{j}\right)$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen (figure 1) :

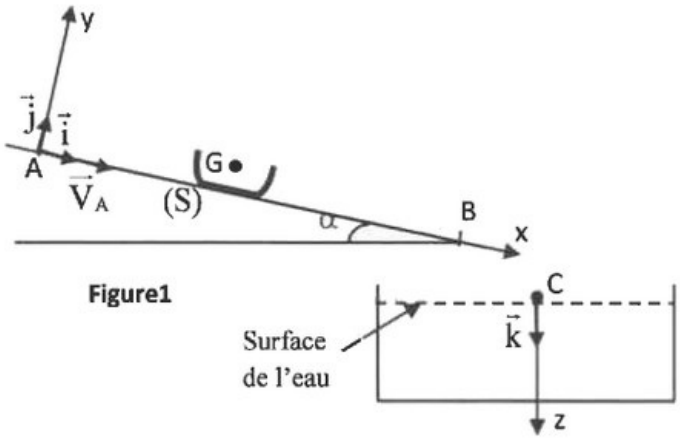

Figure1

Après la phase de poussée vers le bas, le solide (S) atteint une vitesse $V_A = 5,0m.s^{-1}$ au point A et glisse sans frottement le long de la piste rectiligne AB faisant un angle α avec l'horizontale. La pente est inclinée à 20% $(\sin\alpha = 0,20)$.

1-1- En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer la valeur de l'accélération a_{th} du centre d'inertie G de (S). (0,25 pt)

L'origine des dates $(t = 0)$ est choisie à l'instant du passage par le point A.

1-2- Trouver la distance parcourue, à partir du point A, lorsque la luge atteint la vitesse $V_1 = 25m.s^{-1}$. (0,5pt)

1-3- On filme le mouvement de la luge, puis on exploite la vidéo avec un logiciel adapté. Ceci a permis de tracer la courbe représentant les variations de la vitesse de G en fonction du temps $v_{exp} = f(t)$ (figure 2) :

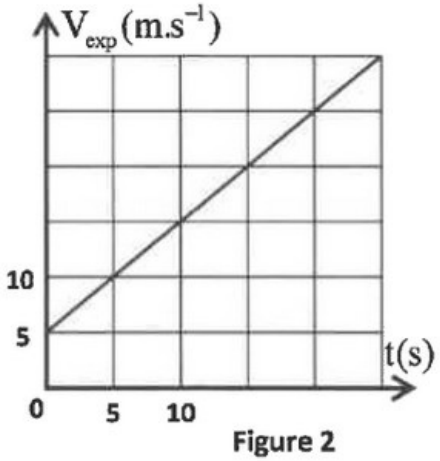

Figure 2

1-3-1- Déterminer graphiquement la valeur expérimentale a_{exp} de l'accélération du centre d'inertie G. (0,25pt)

On interprète la différence entre a_{th} et a_{exp} par l'existence de frottements. On rappelle que lorsque le contact entre le plan incliné et la luge se fait avec frottement solide, la piste exerce sur (S) une force $\overrightarrow{R}$ ayant une composante tangentielle $\overrightarrow{R_T}$ et une composante normale $\overrightarrow{R_N}$.

Lors du mouvement de (S), les intensités de $\overrightarrow{R_T}$ et de $\overrightarrow{R_N}$ sont liées par la relation $R_T = \mu . R_N$, avec μ une constante appelée coefficient de frottement qui dépend des matériaux en contact et de leur état de surface.

1-3-2- Exprimer le coefficient μ en fonction de a_{th}, a_{exp}, g et α. Calculer sa valeur. (0,5pt)

2- Deuxième phase : Chute verticale de (S) dans l'eau

La luge quitte la piste en B et tombe dans un lac au point C (figure 1).

Après s'être immobilisée quelques instants, la luge se met à couler verticalement sans vitesse initiale depuis le point C.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans un repère $\left(C, \overrightarrow{k}\right)$ lié à un référentiel terrestre considéré comme galiléen (figure 1).

On repère la position de G à tout instant par la cote Z de l'axe vertical $\left(C, \overrightarrow{k}\right)$ dirigé vers le bas. L'origine des dates $(t_0 = 0)$ est prise au point C.

Au cours de sa chute dans l'eau, la luge est soumise, en plus de son poids, à la force de frottement fluide $\overrightarrow{f} = -k\overrightarrow{v}$ où $k = 200S.I.$ et $\overrightarrow{v}$ la vitesse de G à un instant t.

On note que la poussée d'Archimède est négligée.

2-1- Montrer que l'équation différentielle du mouvement de G vérifiée par la vitesse v s'écrit $\frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau}v_z = \frac{v_1}{\tau}$ avec $\overrightarrow{v} = v_z\overrightarrow{k}$. On donnera τ et v_z en fonction des paramètres de l'exercice. (0,75pt)

2-2- La solution de l'équation différentielle du mouvement de G s'écrit $v_z(t) = v_1\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$.

Trouver, à l'instant $t = 41\tau$ la profondeur atteinte par la luge depuis le point C, origine de la cote z. (0,5pt)

Partie II : Mouvement d'un faisceau de protons dans un champ électrostatique uniforme

On se propose dans cette partie de déterminer les caractéristiques du mouvement d'un proton dans un champ électrique uniforme.

On considère que le mouvement du proton se fait dans le vide et que son poids n'a pas d'influence sur le mouvement.

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques parallèles rectangulaires horizontales (A) et (B) de longueur L et séparées par une distance d (figure 3) :

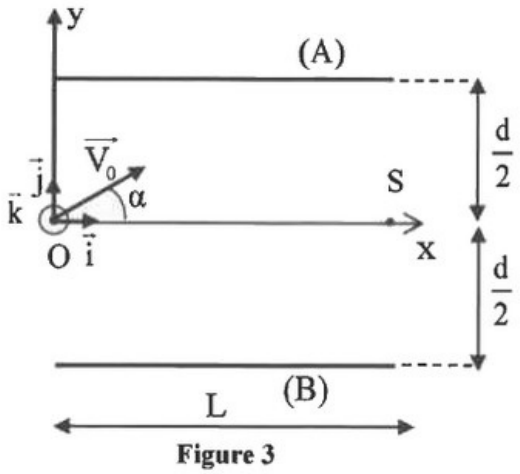

Figure 3

Les deux plaques sont soumises à une tension $U_0 = |V_A - V_B|$. Entre les deux plaques, règne alors un champ électrostatique uniforme $\overrightarrow{E}$.

Le mouvement du proton est étudié dans le repère orthonormé $R\left(O, \overrightarrow{i}, \overrightarrow{j}, \overrightarrow{k}\right)$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

Un faisceau de protons pénètre entre les deux plaques au point O avec la vitesse $\overrightarrow{V_0}$ faisant un angle α avec $\overrightarrow{i}$. On prend l'instant où le proton passe par O comme origine des dates $(t = 0)$. Le proton pénétré en O est soumis, au cours de son mouvement le long de la distance L à la force électrostatique $\overrightarrow{F} = e\overrightarrow{E}$ avec e la charge du proton.

Données :

- $L = 20cm$
  $d = 7cm$
  $a = 30^\circ$
  $V_0 = 4,5.10^5 m.s^{-1}$
  $e = 1,6.10^{-19} C$
- Masse du proton : $m_p = 1,67.10^{-27} Kg$

On rappelle que $E = \frac{U_0}{d}$

Le faisceau de protons sort du champ électrostatique en S du condensateur.

1) En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du proton en fonction de t et des paramètres de l'exercice. (0,5 pt)

2) Déduire l'équation de la trajectoire du proton. (0,25 pt)

3) Déterminer la valeur de la tension U_0 pour que le faisceau sorte effectivement en S. (0,5 pt)

4) Déterminer à quelle distance minimale de la plaque supérieure (A) passe le faisceau de proton. (0,5 pt)