المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي

المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
المسالك الدولية - خيار فرنسية
الدورة العادية 2017
- الموضوع -

NS 28F

المادة	الفيزياء والكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	مسلك العلوم الفيزيائية – خيار فرنسية	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Le sujet comporte 4 exercices

<u>Exercice I (7 points) :</u>

- La pile aluminium - cuivre

- Réactions de l'acide butanoïque

<u>Exercice II (2,5 points) :</u>

-Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau

<u>Exercice III (5 points) :</u>

- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

- Modulation d'amplitude

<u>Exercice IV (5,5 points) :</u>

- Etude du mouvement d'un skieur avec frottements

-Etude énergétique d'un pendule de torsion

Exercice I (7 points)

Barème

Les parties I et II sont indépendantes

Partie I : La pile aluminium - cuivre

Les piles électrochimiques fonctionnent selon le principe suivant : au cours de leur fonctionnement, une partie de l'énergie chimique produite par des réactions spontanées est transformée en énergie électrique. Cette dernière est utilisée au besoin.
On étudie sommairement dans cette partie, la pile aluminium – cuivre.

On réalise la pile aluminium – cuivre comme suit :
- On plonge une électrode de cuivre dans un bécher contenant le volume $V = 65\,mL$ d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre $Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration molaire initiale en ions $Cu^{2+}_{(aq)}$: $\left[Cu^{2+}_{(aq)}\right]_i = 6,5.10^{-1}\,mol.L^{-1}$.
- On plonge une électrode d'aluminium dans un autre bécher contenant le même volume $V = 65\,mL$ d'une solution aqueuse de sulfate d'aluminium $2Al^{3+}_{(aq)} + 3SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration molaire initiale en ions aluminium $Al^{3+}_{(aq)}$: $\left[Al^{3+}_{(aq)}\right]_i = 6,5.10^{-1}\,mol.L^{-1}$.
- On relie les deux solutions par un pont salin et on monte en série, entre les deux pôles de la pile, un conducteur ohmique, un ampèremètre et un interrupteur.
A la fermeture du circuit, un courant d'intensité constante y circule .

Données :

-Les couples mis en jeu sont : $Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$ et $Al^{3+}_{(aq)} / Al_{(s)}$;

-La constante de Faraday : $1F = 9,65.10^4\,C.mol^{-1}$;

-La constante d'équilibre associée à la réaction $3Cu^{2+}_{(aq)} + 2Al_{(s)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} 3Cu_{(s)} + 2Al^{3+}_{(aq)}$ est : $K = 10^{200}$.

0,5 **1**-Ecrire l'expression du quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial puis calculer sa valeur.

0,5 **2**-Préciser le sens d'évolution spontanée du système chimique lors du fonctionnement de la pile. Justifier.

0,5 **3**-Représenter le schéma conventionnel de la pile étudiée.

0,75 **4**-Trouver la quantité d'électricité q, débitée lorsque la concentration des ions cuivriques devient $\left[Cu^{2+}_{(aq)}\right] = 1,6.10^{-1}\,mol.L^{-1}$.

Partie II : Réactions de l'acide butanoïque

L'acide butanoïque C_3H_7COOH *est utilisé pour préparer des produits cosmétiques et des arômes alimentaires…*
On se propose dans cette partie, d'étudier la réaction entre l'acide butanoïque et l'eau et de comparer les actions de cet acide et de l'anhydride butanoïque sur l'éthanol C_2H_5OH .

1-Réaction de l'acide butanoïque avec l'eau :

On prépare dans un laboratoire de chimie, une solution aqueuse d'acide butanoïque de volume V et de concentration molaire $C = 1,0.10^{-2}\,mol.L^{-1}$. Le pH de cette solution est : $pH = 3,41$.

On modélise la transformation produite par l'équation chimique suivante :

$$C_3H_7COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows C_3H_7COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

0,75 **1.1-** Déterminer le taux d'avancement final de la réaction. En déduire.

0,75 **1.2-** Trouver, en fonction de C et du pH , l'expression du quotient de réaction $Q_{r,eq}$ à l'équilibre, puis calculer sa valeur.

0,5 **1.3-** En déduire la valeur du pK_A du couple $C_3H_7COOH_{(aq)} / C_3H_7COO^-_{(aq)}$.

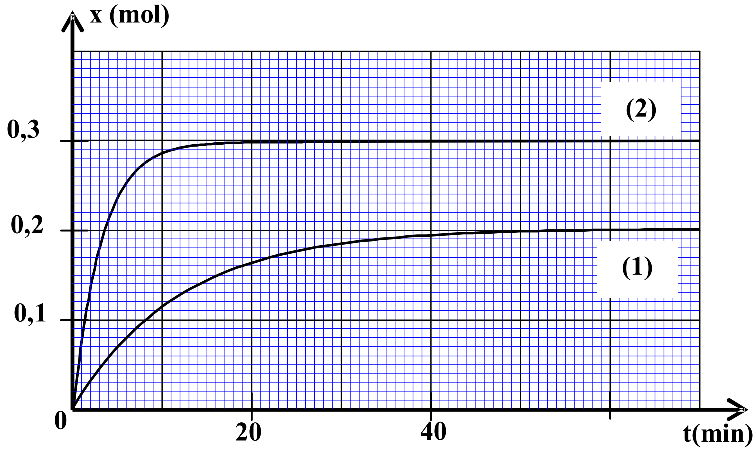
2-Réactions de l'acide butanoïque et de son anhydride sur l'éthanol.

Pour comparer la réaction de l'acide butanoïque et la réaction de son anhydride sur l'éthanol, on réalise séparément deux expériences à la même température.

– La première expérience: On introduit dans un ballon la quantité $n_0 = 0,3mol$ d'éthanol, la même quantité n_0 d'acide butanoïque et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ; puis on chauffe à reflux le mélange. Une réaction d'estérification se produit.

– La deuxième expérience: On introduit dans un autre ballon la quantité $n_0 = 0,3mol$ d'anhydride butanoïque et la même quantité n_0 d'éthanol, puis on chauffe à reflux le mélange. Une réaction chimique se produit.

Les courbes (1) et (2) de la figure ci-dessous représentent respectivement, l'évolution temporelle de l'avancement de la réaction lors de la première et de la deuxième expérience.



0,5 **2.1-** Quel est l'intérêt d'un chauffage à reflux ?

0,75 **2.2-** Déterminer pour chaque expérience, la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. En déduire la réaction la plus rapide.

0,75 **2.3-**Déterminer pour chaque expérience, le taux d'avancement final de la réaction. En déduire laquelle des deux réactions chimiques est totale.

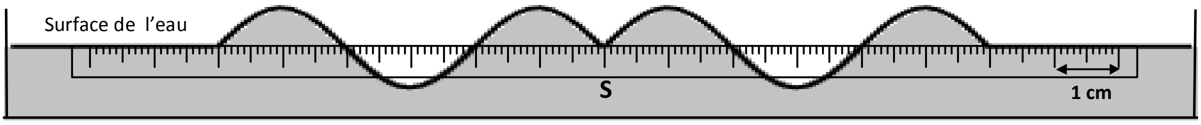
0,75 **2.4-** En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction chimique qui se produit lors de la deuxième expérience.

Exercice II (2,5 points)

Recopier le numéro de la question et écrire à côté, parmi les quatre réponses proposées, la réponse juste sans aucune justification ni explication.

- Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau :

On crée, à l'instant $t = 0$, en un point S de la surface de l'eau, une onde mécanique progressive sinusoïdale de fréquence $N = 50Hz$.
La figure ci-dessous représente une coupe verticale de la surface de l'eau à un instant t .
La règle graduée sur le schéma indique l'échelle utilisée.



0,5 **1-** La longueur d'onde est :

■ $\lambda = 0,2\,cm$ ■ $\lambda = 4\,cm$ ■ $\lambda = 5\,cm$ ■ $\lambda = 6\,cm$

0,5 **2-** La vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau est :

■ $v = 2 m.s^{-1}$ ■ $v = 200 m.s^{-1}$ ■ $v = 3 m.s^{-1}$ ■ $v = 8.10^{-4} m.s^{-1}$

0,75 **3-** L'instant t, où la coupe de la surface de l'eau est représentée, a pour valeur :

■ $t = 8s$ ■ $t = 0,03\,s$ ■ $t = 0,3\,s$ ■ $t = 3\,s$

0,75 **4-** On considère un point M de la surface de l'eau, éloigné de la source S d'une distance SM=6cm.
Le point M reprend le même mouvement que celui de S avec un retard temporel τ .
la relation entre l'élongation du point M et celle de la source S s'écrit :

■ $y_M(t) = y_S(t - 0,3)$ ■ $y_M(t) = y_S(t + 0,03)$

■ $y_M(t) = y_S(t - 0,03)$ ■ $y_M(t) = y_S(t + 0,3)$

Exercice III (5 points)

Nous utilisons quotidiennement des appareils électriques et électroniques qui contiennent des circuits comprenant des conducteurs ohmiques, des bobines, des condensateurs et des circuits intégrés réalisant des opérations mathématiques ou logiques.
L'objectif de cet exercice est d'étudier dans sa première partie, l'établissement et la rupture du courant dans un dipôle RL *et dans sa deuxième partie, l'étude de la modulation d'amplitude.*

Les deux parties sont indépendantes

Partie I: Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

Pour étudier la réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension, le professeur de physique a réalisé avec ses élèves le montage électrique schématisé sur la figure 1 qui comporte :
- Un générateur idéal de tension de force électromotrice $E = 6,5\,V$;
- Une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 60\,\Omega$;
- Un interrupteur K à double position.

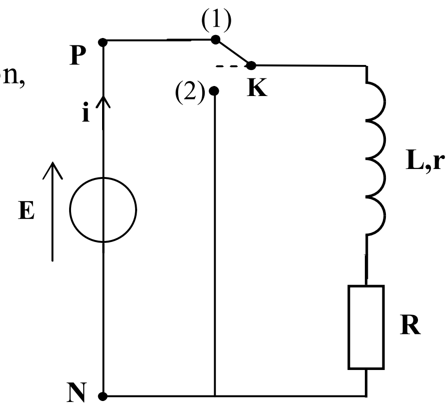


Figure 1

1- Dans une première étape, le professeur étudie l'établissement du courant dans une bobine en mettant l'interrupteur K sur la position(1).

0,25 **1.1-** Recopier le schéma de la figure 1, et représenter en convention récepteur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

0,5 **1.2-** Trouver, en fonction des paramètres du circuit, l'expression de l'intensité du courant I_p en régime permanent.

2. Dans une deuxième étape, le professeur étudie la rupture du courant dans la bobine.
Lorsque le régime permanent est atteint, il bascule, à un instant t=0, l'interrupteur K sur la position (2) en prenant les précautions nécessaires.
Avec un système informatisé d'acquisition , il obtient la courbe de figure 2 représentant les variations de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique. La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'origine des temps.

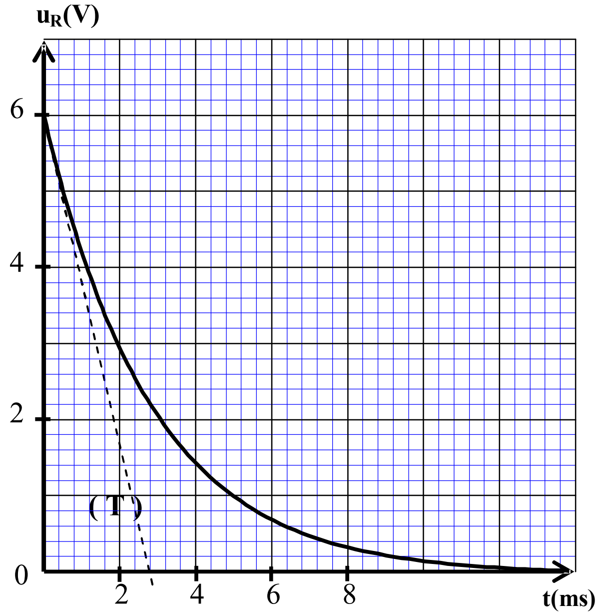


Figure 2

0,5 **2.1-** Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$.

0,5 **2.2-** La solution de cette équation différentielle est $u_R(t) = R.I_p.e^{-\frac{t}{\tau}}$. Trouver l'expression de τ .

2.3- En exploitant la courbe de la figure 2:

0,5 **a** - Montrer que la résistance r de la bobine est $r = 5\Omega$.

0,5 **b** - Vérifier que la valeur de l'inductance de la bobine est $L = 182\ mH$.

0,5 **2.4-** Trouver la valeur de l'énergie $\mathscr{E}_m$ emmagasinée par la bobine à l'instant $t_1 = \tau$.

Partie II: Modulation d'amplitude

Pour étudier la modulation d'amplitude et vérifier la qualité de la modulation, au cours d'une séance de TP, le professeur a utilisé avec ses élèves, un circuit intégré multiplieur (X) en appliquant une tension sinusoïdale $u_1(t) = P_m.\cos(2\pi.F_p.t)$ à son entrée E_1 et une tension $u_2(t) = U_0 + s(t)$ à son entrée E_2 , avec U_0 la composante continue de la tension et $s(t) = S_m.\cos(2\pi.f_s.t)$ la tension modulante (figure 3).
La courbe de la figure 4 représente la tension de sortie $u_s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$, visualisée par les élèves sur l'écran d'un oscilloscope. k est une constante positive caractérisant le multiplieur X.

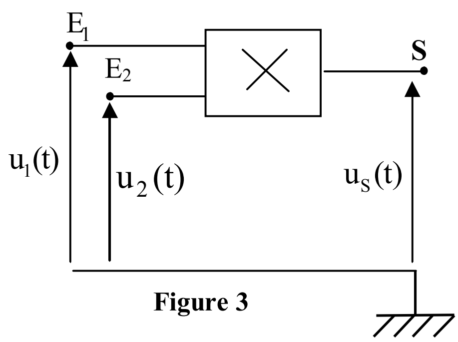


Figure 3

0,75 **1-** Montrer, en précisant les expressions de A et de m, que la tension $u_s(t)$ s'écrit sous la forme: $u_s(t) = A\left[1 + m.\cos\left(2\pi f_s t\right)\right]\cos(2\pi F_p t)$.

2- En exploitant la courbe de la figure 4 :

0,5 **2.1-** Trouver les fréquences F_p de la porteuse et f_s de la tension modulante.

0,5 **2.2-** Déterminer le taux de modulation et en déduire la qualité de modulation.

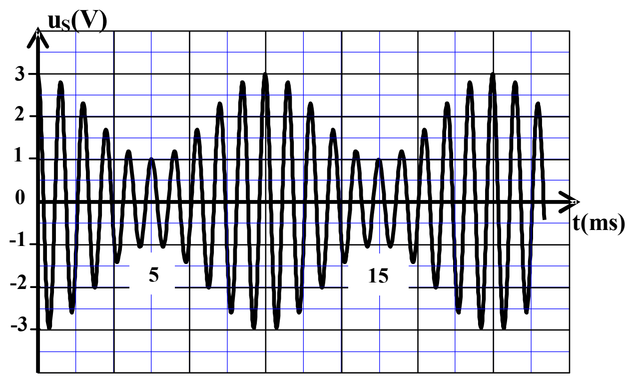


Figure 4

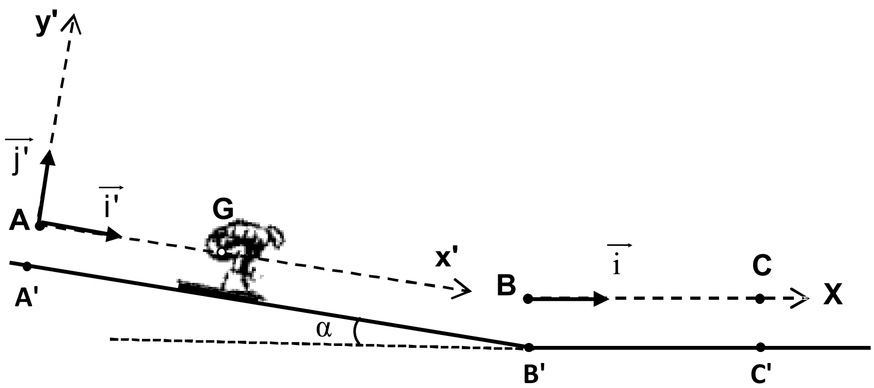
Exercice IV (5,5 points)

Les deux parties sont indépendantes

Partie I : Etude du mouvement d'un skieur avec frottements

Le ski, comme sport, est considéré parmi les meilleures activités de loisir pendant l'hiver; c'est un sport d'aventure, de consistance physique, et de souplesse.
On se propose d'étudier dans cette partie, le mouvement du centre d'inertie d'un skieur avec ses accessoires sur une piste de ski.

Un skieur glisse sur une piste de ski, constituée par deux parties:
- Une partie A'B' rectiligne et inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale.
- Une partie B'C' rectiligne et horizontale (voir figure).



Données :
- $g = 9,8\,m.s^{-2}$;
-Masse totale du skieur et ses accessoires : $m = 65\,kg$;
-Angle d'inclinaison: $\alpha = 23°$;
- On néglige la résistance de l'air.

1- Etude du mouvement sur le plan incliné :

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du système (S), constitué par le skieur et ses accessoires, dans le repère $(A,\vec{i'},\vec{j'})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen**.**

Le système (S) se met en mouvement sans vitesse initiale depuis le point A , confondu avec G à l'instant t=0, origine des dates.

Le mouvement de G se fait suivant la ligne de plus grande pente du plan incliné AB. ($AB = A'B'$)

Le contact entre le plan incliné et le système (S) se fait avec frottements .La force de frottements est constante d'intensité $f = 15\,N$.

0,5 **1.1-** En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v_G du mouvement de G s'écrit sous forme $\frac{dv_G}{dt} = g.\sin\alpha - \frac{f}{m}$.

0,5 **1.2-** La solution de cette équation différentielle est de la forme : $v_G(t) = \mathbf{b}.t + \mathbf{c}$. Déterminer les valeurs de **b** et de **c**.

0,5 **1.3-** Déduire la valeur de t_B, l'instant de passage du centre d'inertie G par la position B avec une vitesse égale à $90\,km.h^{-1}$.

0,5 **1.4-** Trouver l'intensité R de la force exercée par le plan incliné sur le système (S).

2- Etude du mouvement sur le plan horizontal :

Le système (S) continue son mouvement sur le plan horizontal $B'C'$ pour s'arrêter à la position C'. Le contact entre le plan horizontal et le système (S) se fait avec frottements . La force de frottements est constante d'intensité f'.

Le mouvement de G est étudié dans le repère horizontal $(B,\vec{i})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.

Le centre d'inertie G passe par le point B avec une vitesse de $90\,km.h^{-1}$ à un instant considéré comme nouvelle origine des dates.

0,5 **2.1-** En appliquant la deuxième loi de Newton, trouver l'intensité f' sachant que la composante horizontale du vecteur accélération du mouvement de G est $a_x = -3\,m.s^{-2}$.

0,5 **2.2-** Déterminer t_c, l'instant d'arrêt du système.

0,5 **2.3-** Déduire la distance BC parcourue par G.

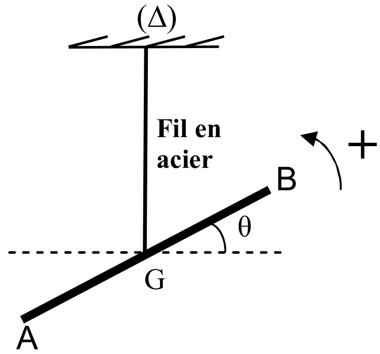
Partie II : Etude énergétique d'un pendule de torsion

Historiquement, Cavendish a utilisé le pendule de torsion pour déterminer la valeur de G, la constante d'attraction universelle. Ce type de pendule est utilisé parfois, pour déterminer la constante de torsion des matériaux solides et déformables.

On se propose de déterminer la valeur de la constante de torsion d'un fil en acier ainsi que le moment d'inertie d'une tige en exploitant les diagrammes d'énergie.

Un pendule de torsion est constitué d'un fil en acier vertical, de constante de torsion C, et d'une tige AB homogène de moment d'inertie J_Δ par rapport à un axe vertical (Δ) confondu avec le fil et passant par le centre d'inertie G de la tige.

On écarte la tige horizontalement, dans le sens positif, d'un angle $\theta_m = 0,8\,rad$ par rapport à sa position d'équilibre et on la lâche sans vitesse initiale à un instant t=0.



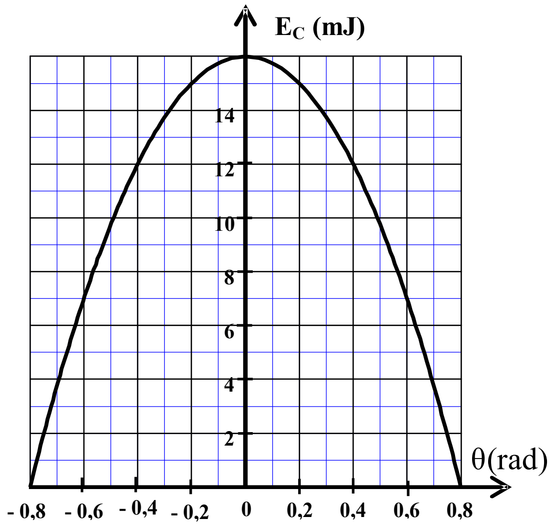
On repère la position de la tige à chaque instant par l'abscisse angulaire θ par rapport à la position d'équilibre. (voir figure ci-contre)

On étudie le mouvement du pendule dans un référentiel terrestre considéré galiléen.

On considère la position d'équilibre du pendule comme référence de l'énergie potentielle de torsion et le plan horizontal passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

On néglige tout frottement.

La courbe de la figure ci-contre, représente les variations de l'énergie cinétique E_C du pendule en fonction de l'angle θ.



0,5 **1.** Ecrire l'expression de l'énergie mécanique du pendule en fonction de C, J_Δ, θ et la vitesse angulaire $\dot{\theta}$.

0,75 **2.** Déterminer la valeur de la constante de torsion C du fil en acier.

0,75 **3.** Sachant que la vitesse angulaire maximale est $\dot{\theta}_{max} = 2,31\,rad.s^{-1}$, Trouver la valeur de J_Δ.

- Exercice1 -

Partie I :

1- * Expression du quotient de réaction : $Q_{r,i} = \frac{[A\ell^{3+}]_i^{\,2}}{[Cu^{2+}]_i^{\,3}}$

* Application numérique : $Q_{r,i} = \frac{(6,5.10^{-1})^2}{(6,5.10^{-1})^3} = \underline{1,5}$

2- Le sens d'évolution spontanée du système chimique : est le sens direct pour lequel il y a formation du cuivre $Cu_{(s)}$; car $Q_{r,i} = 1,5 \ll K = 10^{200}$.

3- Schéma conventionnel de la pile étudiée :

Au niveau de la lame de cuivre, il y à réduction des ions Cu^{2+} en Cu : C'est la Cathode (Borne +)

$$\ominus\ A\ell / A\ell^{3+} // Cu^{2+} / Cu\ \oplus$$

4- Recherche de la quantité d'électricité q :

- Tableau d'avancement :

Demi- équation		$3Cu^{2+}{}_{(aq)} + 6.e^- \rightleftarrows 3.Cu_{(s)}$			Quantité de matière des e^- échangés :
Etat du système	Avancement x (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	$[Cu^{2+}]_i.V$	$\approx$	$n_i(Cu)$	0
E. intermédiaire	x	$[Cu^{2+}]_i.V - 3.x$	$\approx$	$n_i(Cu)+3.x$	$n(e^-) = 6.x$

- D'une part la quantité d'électricité est q = n(e-). F = 6.x.F (1)
- d'autre part, la quantité en ion Cu^{2+} restante est : $[Cu^{2+}]_t.V = [Cu^{2+}]_i.V - 3.x$

donnant l'avancement : $x = \frac{[Cu^{2+}]_i - [Cu^{2+}]_t}{3}.V$ (2)

- (1) et (2) donnent : $\underline{q = 2.([Cu^{2+}]_i - [Cu^{2+}]_t).F.V}$

- A.N :

$$q = 2\times(6,5.10^{-1} - 1,6.10^{-1})\times 9,65.10^4 \times 65.10^{-3}$$
$$\underline{q \approx 6150C}$$

Partie II :

1- Réaction de l'acide butanoique avec l'eau :

1-1- * Taux d'avancement final ;

- $\tau = \frac{x_{éq}}{x_m} \Rightarrow \tau = \frac{[H_3O^+]_{éq}.V}{C.V} \Rightarrow \tau = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{C} \Rightarrow \underline{\tau = \frac{10^{-pH}}{C}}$

- A.N : $\tau = \frac{10^{-3,41}}{1,0.10^{-2}} \approx 0,039 = \underline{3,9\%} < 1$

* La réaction de l'acide butanoique avec l'eau : est limitée.

1-2- Expression du quotient de réaction à l'équilibre:

$$Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq} \times [C_3H_7COO^-]_{éq}}{[C_3H_7COOH]_{éq}} \Rightarrow Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}^2}{C - [H_3O^+]_{éq}} \Rightarrow Q_{r,éq} = \frac{10^{-2pH}}{C - 10^{-pH}}$$

$$A.N : \ Q_{r,éq} = \frac{10^{-2\times3,41}}{1.10^{-2} - 10^{-3,41}} \approx 1,57.10^{-5}$$

1-3- Valeur du pK_A du couple $C_3H_7COOH / C_3H_7COO^-$

A l'équilibre, $K_A = Q_{r;éq}$; donc $pK_A = -\text{Log}(K_A) = -\text{Log}(Q_{r;éq})$

A.N : $pK_A = -\text{Log}(1,57.10^{-5}) \approx \underline{4,8}$

2- Réaction de l'acide butanoique et de son anhydride avec l'éthanol :

2-1- Rôle du chauffage à reflux : permet d'accélérer le rythme de la réaction, et permet d'éviter la perte de la matière des réactifs et produits de cette réaction.

2-2- * Temps de demi-réaction :

- Pour la première expérience (courbe1) ; $\frac{x_{éq}}{2} \approx \frac{0,2}{2} = 0,1mol \Rightarrow \underline{t_{1/2} \approx 8\min}$

- Pour la deuxième expérience (courbe2) ; $\frac{x_{éq}}{2} \approx \frac{0,3}{2} = 0,15mol \Rightarrow \underline{t_{1/2} \approx 2\min}$

*** La réaction la plus rapide :** est celle entre l'anhydride butanoique et l'éthanol. (2min < 8min)

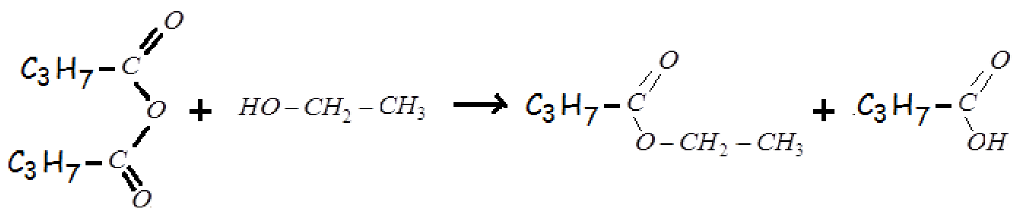
2-3- * Taux d'avancement finale :

- Pour la première expérience (courbe1) ; $x_{éq} = 0,2mol$ et $x_{max} = 0,3mol \Rightarrow \tau = \frac{0,2}{0,3} \approx 0,67$

- Pour la deuxième expérience (courbe2) ; $x_{éq} = 0,3mol$ et $x_{max} = 0,3mol \Rightarrow \tau = \frac{0,3}{0,3} = 1$

*** La réaction entre l'anhydride butanoique et l'éthanol :** est totale. ($\tau = 1$)

2-4- Equation de la réaction entre l'anhydride butanoique et l'éthanol :



- Exercice2-

1- La longueur d'onde : est $\lambda = \underline{4cm}$

2- La vitesse de propagation de l'onde : est $V = \lambda \times N = 0,04\times50 = \underline{2m.s^{-1}}$.

3- L'instant t de capture de la surface de l'eau : est t = SM/V = 0,06/2 = $\underline{0,03s}$

4- La relation : est $y_M(t) = y_S(t - 0,03)$

- Exercice3-

Partie I:

1-1- Représentation de la tension u_R :

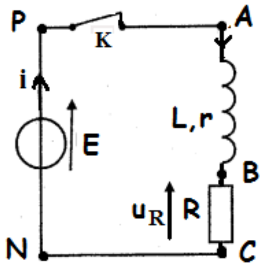


figure1

1-2- Expression de l'intensité Ip :

En régime permanent, la bobine se comporte comme une résistance r, et d'après la loi de Pouillet : $I_p = \frac{E}{r+R}$

2-1- Equation différentielle que vérifie la tension u_R :

- Loi d'additivité des tensions : $u_b + u_R = 0 \ (1)$

- Loi d'Ohm, en convention récepteur : $i = \frac{u_R}{R} \ (2)$ et $u_b = L.\frac{di}{dt} + r.i \quad (3)$

- Des trois relations ; on écrit :

$$\overset{(1)et(3)}{\Rightarrow} L.\frac{di}{dt} + r.i + u_R = E \overset{(2)}{\Rightarrow} L.\frac{d}{dt}(\frac{u_R}{R}) + r.(\frac{u_R}{R}) + u_R = 0 \Rightarrow \frac{L}{R}.\frac{du_R}{dt} + (\frac{r}{R}+1).u_R = 0$$

$$\Rightarrow \frac{L}{R}.\frac{du_R}{dt} + \frac{r+R}{R}.u_R = 0 \Rightarrow \frac{L}{r+R}.\frac{du_R}{dt} + u_R = 0$$

2-2- Expression de τ :

- La solution de cette équation est de la forme : $u_R(t) = R.I_p.e^{-\frac{t}{\tau}}$

- Portons cette expression dans l'équation différentielle :

$$\frac{L}{r+R}.\frac{d}{dt}(R.I_p.e^{-\frac{t}{\tau}}) + R.I_p.e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Rightarrow \frac{L}{r+R}.\frac{d}{dt}(e^{-\frac{t}{\tau}}) + e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Rightarrow (\frac{L}{r+R}.\frac{-1}{\tau}+1).e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Rightarrow \tau = \frac{L}{r+R}$$

2-3- a) Résistance de la bobine :

$u_R(0) = R.I_p = \frac{R.E}{R+r}$ et $u_R(0) = 6V$ d'où : $r = R \times (\frac{E - u_{R(0)}}{u_{R(0)}})$

A.N : $r = 60 \times (\frac{6,5-6}{6}) = 5\Omega$

b) Inductance de la bobine :

$\tau = \frac{L}{r+R}$ et $\tau = 2,8ms$ alors $L = \tau \times (r+R)$

$A.N :\quad L = 2,8 \times (5+60) = 182mH$

2-4- Energie E_m emmagasinée par la bobine à $t_1 = \tau$:

$E_m = \frac{1}{2}.L.i^2 = \frac{1}{2}.L.(\frac{u_R}{R})^2$ et $u_R(\tau) = 2,2V$

A.N : $E_m = \frac{1}{2}\times 182.10^{-3}\times(\frac{2,2}{60})^2 \approx \underline{1,22.10^{-4} J}$

Partie II :

1- Montrons que $u_s(t) = A.[1+m.\cos(2\pi.f_s.t)].\cos(2\pi.F_p.t)$

$$u_s(t)=k.u_1(t).u_2(t)$$
$$\Rightarrow u_s(t)=k.u_1(t).[U_0+s(t)]$$
$$\Rightarrow u_s(t)=k.P_m\cos(2\pi F_p.t).[U_0+S_m\cos(2\pi f_s.t)]$$
$$\Rightarrow u_s(t)=kP_m.[U_0+S_m\cos(2\pi f_s.t)].\cos(2\pi F_p.t)$$
$$\Rightarrow u_s(t)=kP_mU_0.\left[1+\frac{S_m}{U_0}\cos(2\pi f_s.t)\right].\cos(2\pi F_p.t)$$

En posant : $\underline{m=\frac{S_m}{U_0}}$ et $\underline{A=kP_mU_0}$ alors : $u_s(t) = A.[1+m.\cos(2\pi.f_s.t)].\cos(2\pi.F_p.t)$

2-1- * La fréquence F_p de la porteuse : $F_p = 1/T_p$

Graphiquement : $10\times T_p$ = 10ms alors T_p = 1ms et F_p = 1/0.001 = 1000Hz

* La fréquence fs de la tension modulante : fs = 1/Ts

Graphiquement : T_s = 10ms alors fs = 1/0.01 = 100Hz

2-2- * Taux de modulation :

$$m=\frac{Um_{max}-Um_{min}}{Um_{max}+Um_{min}}=\frac{3-1}{3+1}\approx \underline{0,5}$$

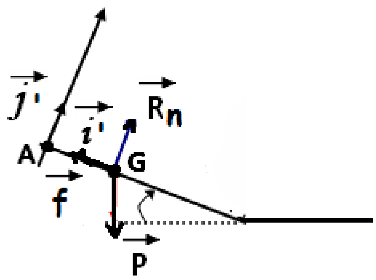
* La modulation est bonne puisque $m \prec 1$ et $F_p \succ\succ f_s$

- Exercice4-

Partie I :

1- Etude du mouvement sur le plan incliné :

1-1- Equation différentielle :



- Système à étudier : {skieur}
- Repère d'étude (A ; $\vec{i}'$, $\vec{j}'$) supposé galiléen;
- Bilan des forces extérieures :

  * Poids du skieur $\vec{P}$

  * Réaction du plan incliné : $\vec{R}=\vec{R_n}+\vec{f}$ ($\vec{f}$: force de frottement)

- $2^{ème}$ loi de newton : $\vec{P}+\vec{R_n}+\vec{f}=m.\vec{a_G}$
- Projection de cette relation vectorielle sur l'axe Ax' : $P_x+R_{nx}+f_x=m.a_x$ (*)
- Expressions : $P_x=m.g.\sin(\alpha)$, $R_{nx}=0$, $f_x=-f$ et $a_x=\frac{dv_G}{dt}$.
- La relation (*) devient : $m.g.\sin(\alpha)-f=m.\frac{dv_G}{dt}$

- finalement l'équation différentielle s'écrira : $\frac{dv_G}{dt} = g.\sin(\alpha) - \frac{f}{m}$

1-2- Détermination des valeurs de b et c :

- Remarquons que $\frac{dv_G}{dt} = g.\sin(\alpha) - \frac{f}{m} = \text{constante}$
- Par intégration : $v_G(t) = (g.\sin(\alpha) - \frac{f}{m}).t + v(0)$
- D'après la condition initiale v(0) = 0 ; alors : $v_G(t) = (g.\sin(\alpha) - \frac{f}{m}).t$
- par identification avec la forme $v_G(t) = b.t + c$; on déduit que :

$$b = g.\sin(\alpha) - \frac{f}{m} = 9{,}8\times\sin(23°) - \frac{15}{65} \approx 3{,}6 m.s^{-2}$$
$$c = 0$$

1-3- Déduction de l'instant t_B :

- L'équation de la vitesse s'écrit : $v_G(t_B) = b\times t_B$ et $v_G(t_B) = 90 km.h^{-1} = \frac{90}{3{,}6} m.s^{-1} = 25 m.s^{-1}$
- Alors $t_B = \frac{v_G(t_B)}{b}$ A.N : $t_B = \frac{25}{3{,}6} \approx 6{,}9 s$

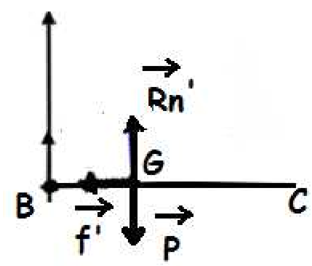
1-4- Intensité R de l'action du plan :

$R = \sqrt{Rn^2 + f^2} \Rightarrow R = \sqrt{(mg\cos(\alpha))^2 + f^2}$

A.N : $R = \sqrt{(65\times 9{,}8\times\cos(23°))^2 + 15^2} \approx 586{,}5 N$

2- Etude du mouvement sur le plan horizontal :

2-1- Recherche de l'intensité f ' :



- Système à étudier : {skieur}
- Repère d'étude (B ; $\vec{i}$) supposé galiléen ;
- Bilan des forces extérieures :
  * Poids du skieur $\vec{P}$
  * Réaction du plan horizontal : $\vec{R} = \vec{R_n}' + \vec{f}'$ ($\vec{f}'$: *force de frottement*)
- 2ème loi de newton : $\vec{P} + \vec{R_n}' + \vec{f}' = m.\vec{a_G}$
- Projection de cette relation vectorielle sur l'axe Bx : $P_x + R_{nx}' + f_x' = m.a_x$ (*)
- Expressions : $P_x = 0$, $R_{nx} = 0$, $f_x' = -f'$ et $a_x = -3 m.s^{-2}$.
- La relation (*) nous donne : $f' = -m.a_x$

A.N : $f' = -65\times(-3) = 195 N$

2-2- Détermination de tc :

- Equation de la vitesse : $v_G(t) = a_x.t + v(0)$

- Au point tc ; $v_G(tc) = 0$, alors $a_x.tc + v(0) = 0$

- On déduit que : $t_C = -\frac{v(0)}{a_x}$ A.N : $t_C = -\frac{25}{-3} \approx 8{,}33s$

2-3- Déduction de la distance BC :

- L'équation horaire est : $x(t) = \frac{1}{2}.a_x.t^2 + v(0).t + x(0) \Rightarrow x(t) = -\frac{3}{2}.t^2 + 25.t$

- La distance $BC = x_C - x_B = x(t_C) - \underbrace{x(t_B)}_{=0} \Rightarrow \underline{BC = -\frac{3}{2}.tc^2 + 25.tc}$

- A.N: $BC = -\frac{3}{2} \times 8{,}33^2 + 25 \times 8{,}33 \approx \underline{104{,}2m}$

Partie II :

1- Expression de l'énergie mécanique du pendule :

$E_m = E_c + E_{pt} + E_{pp}$ avec $E_c = \frac{1}{2}J_\Delta.\dot{\theta}^2$; $E_{pt} = \frac{1}{2}C.\theta^2$ et $E_{pp} = 0$

Alors $\underline{E_m = \frac{1}{2}J_\Delta.\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}C.\theta^2}$

2- Constante de torsion C du fil :

- Lorsque $\theta = \theta_{max} = 0{,}8rad$; l'énergie cinétique est nulle : $Ec(0{,}8) = 0$

- Graphiquement, l'énergie mécanique est $E_m = 16mJ = 16.10^{-3}J$

- D'après l'équation (*), on aura $\frac{1}{2}C.\theta_{max}^2 = E_m \Rightarrow C = \frac{2.E_m}{\theta_{max}^2}$

- A.N : $C = \frac{2 \times 16.10^{-3}}{0{,}8^2} \approx \underline{0{,}05N.m.rad^{-1}}$

3- Détermination de J_Δ :

- Lorsque $\theta = 0$; l'énergie cinétique est maximale : $Ec(0) = E_m = 16mJ = 16.10^{-3}J$

- Lorsque $\theta = 0$; l'énergie potentielle de torsion est nulle : $E_{pt}(0) = 0$

- D'après l'équation (*), on aura $E_m = \frac{1}{2}J_\Delta.(\dot{\theta}_{max})^2 \Rightarrow J_\Delta = \frac{2.E_m}{(\dot{\theta}_{max})^2}$

- A.N : $J_\Delta = \frac{2 \times 16.10^{-3}}{2{,}31^2} \approx \underline{6.10^{-3}kg.m^2}$