REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'EDUCATION

EXAMEN DU BACCALAUREAT -- SESSION DE JUIN 2011

SESSION DE CONTRÔLE

SECTION : SCIENCES EXPERIMENTALES

EPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES DUREE : 3 h COEFFICIENT : 4

Le sujet comporte quatre pages numérotées de 1/4 à 4/4

CHIMIE (7 points)

EXERCICE 1 (3 points)

« Etude d'un document scientifique »

Modes de préparation du méthanol

En 1923, le chimiste allemand Mattias Pier a développé un procédé selon lequel, en présence de chromate de zinc, un mélange de dihydrogène, de monoxyde et de dioxyde de carbone, porté à une température de l'ordre de **400°C** et à une pression de **30** à **100 MPa** (de 300 à 1000 atmosphères) est transformé en méthanol. La production moderne du même alcool est le plus souvent réalisée à partir du méthane, comme suit :

- A des pressions modérées de **1** à **2 MPa**, à une température de l'ordre de **850°C** et en présence de nickel, le méthane réagit avec la vapeur d'eau selon l'équation :

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\,H_2 \quad (1)$$

- La chaleur nécessaire à la réaction **(1)** est fournie par la réaction d'équation :

$$2\,CH_4 + O_2 \rightarrow 2\,CO + 4\,H_2 \quad (2)$$

- Le rapport entre les quantités de **CO** et de H_2 nécessaires à la synthèse du méthanol est ajusté par la réaction d'équation : $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ **(3)**
- En présence d'un mélange de cuivre, d'oxyde de zinc et d'alumine, à une température de **250°C** et sous une pression de **5** à **10 MPa**, le méthanol est obtenu selon l'équation :

$$CO + 2\,H_2 \rightarrow CH_3OH \quad (4)$$

D'après WWW.Wikipedia.org/wiki/methanol

Questions

1. Relever du texte :
   a) le nom de la substance qui a joué le rôle de catalyseur dans la synthèse du méthanol, réalisée en 1923,
   b) les noms des substances qui ont joué le même rôle dans le procédé moderne de préparation du méthanol tout en précisant l'étape correspondante,
   c) un autre facteur cinétique intervenu dans les réactions de production du méthanol.
2. Montrer, dans chacun des cas de catalyse figurant dans le texte, s'il s'agit d'une catalyse homogène ou bien hétérogène.
3. Montrer à partir du texte qu'un catalyseur est sélectif.

EXERCICE 2 (4 points)

Toutes les solutions considérées dans l'exercice sont prises à **25°C**, température à laquelle le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$.

On prélève séparément un volume V_o **= 5 mL** de deux solutions aqueuses **(S_1)** d'une base **(B_1)** et **(S_2)** d'une base **(B_2)**, de même **pH = 11,1** et on complète dans chaque cas avec de l'eau distillée jusqu'à **100 mL**. On obtient deux nouvelles solutions **(S'_1)** et **(S'_2)** de **pH** respectifs **9,8** et **10,4**.

1. Donner le nom de l'opération réalisée pour passer de **(S_1)** et **(S_2)** à **(S'_1)** et **(S'_2)** et préciser la verrerie qu'on doit utiliser pour réaliser le travail avec précision.
2. **a)** Calculer le nombre n_o de moles d'ions hydroxyde contenus dans le volume V_o prélevé.
   b) Calculer les nombres n_1 et n_2 de moles d'ions OH^- contenus dans les solutions **(S'_1)** et **(S'_2)** et les comparer à n_o.
   c) En déduire que la base **(B_1)** est forte tandis que **(B_2)** est faible.
3. Sachant que la base **(B_2)** est l'ammoniac NH_3 et que la concentration de **(S_2)** est $C_2 = 0{,}1\ mol.L^{-1}$:
   a) écrire l'équation de la réaction de l'ammoniac avec l'eau,

b) – montrer que le taux d'avancement final de la réaction d'ionisation de l'ammoniac dans l'eau est :

$$\tau_f = \frac{10^{(pH - pK_e)}}{C_2},$$

– vérifier par le calcul de τ_f que la base **(B_2)** est faiblement ionisée dans l'eau.

c) – donner l'expression de la constante d'acidité K_a du couple dont l'ammoniac est la forme basique,

– établir la relation $[H_3O^+]_{S_2} = K_a \tau_f$,

– en déduire la valeur du pK_a du couple acide-base dont l'ammoniac est la forme basique.

4. a) Calculer le taux d'avancement final τ'_f de la réaction de l'ammoniac avec l'eau pour la solution **(S'_2)**.

b) En déduire l'effet de la dilution sur l'ionisation de l'ammoniac.

PHYSIQUE (13 points)

EXERCICE 1 (4 points)

On associe en série une bobine d'inductance **L** et de résistance **r = 10 Ω**, un générateur de force électromotrice (**fem**) **E**, de résistance interne nulle et de masse flottante, un résistor de résistance R_o et un interrupteur **K** comme il est indiqué dans la figure **1**.

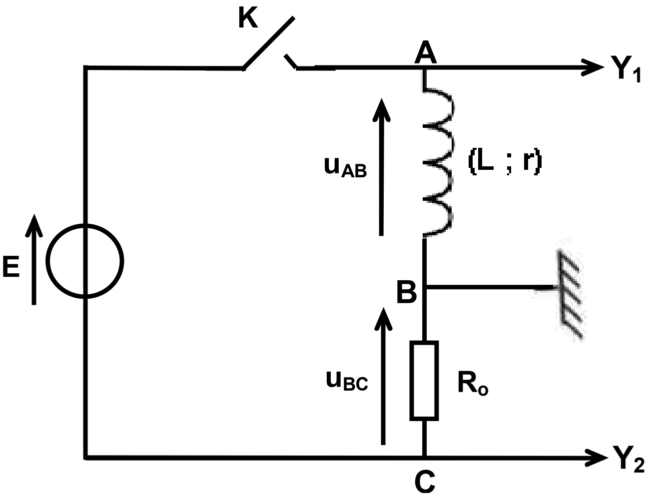

Fig.1

Afin d'enregistrer simultanément l'évolution temporelle des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{BC}(t)$, on relie les entrées Y_1 et Y_2 d'un oscilloscope à mémoire respectivement aux points **A** et **C** du circuit tandis que sa masse est reliée au point **B** (**Fig.1**) et on appuie sur le bouton inversion de la voie Y_2 de l'oscilloscope. A l'instant **t = 0**, on ferme le circuit à l'aide de l'interrupteur **K**. L'oscilloscope enregistre les courbes $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$ de la figure **2**.

1. Justifier l'inversion faite sur la voie Y_2 de l'oscilloscope.

2. Montrer que l'intensité **i** du courant qui circule dans le circuit est régie par l'équation différentielle :

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = \frac{E}{L}, \text{ avec } \tau = \frac{L}{R} \text{ et } R = R_o + r.$$

3. a) Vérifier que l'intensité **i** du courant s'écrit sous la forme :

$$i(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}),$$ où **K** est une constante dont on déterminera l'expression en fonction de **E** et de **R**.

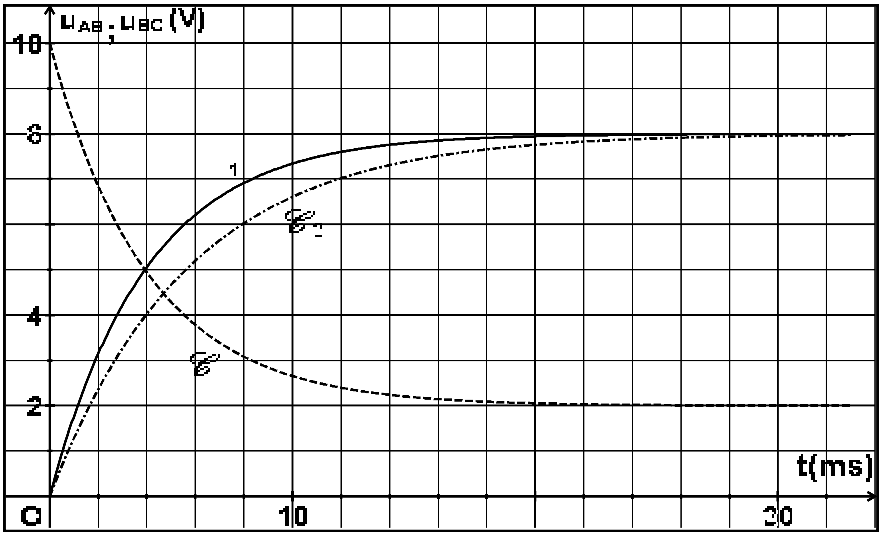

Fig.2

b) En déduire l'expression de chacune des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{BC}(t)$.

c) Identifier parmi $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$ de la figure **2**, le chronogramme de $u_{BC}(t)$.

4. A l'aide des courbes $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$ de la figure **2**, déterminer la valeur de :

a) la **fem E** du générateur,

b) l'intensité I_o du courant qui s'établit dans le circuit en régime permanent,

c) la résistance R_o,

d) la constante de temps τ et en déduire la valeur de l'inductance **L**.

5. Dans le circuit précédent, on modifie l'une des grandeurs caractéristiques du circuit (**L** ou bien R_o). Le nouveau chronogramme de la tension u_{BC} est la courbe $\mathscr{C}_3$ de la figure **2**.
Identifier la grandeur dont la valeur a été modifiée et comparer sa nouvelle valeur à sa valeur initiale.

EXERCICE 2 (4,5 points)

Un pendule élastique est constitué d'un solide **(S)** de masse **m** et d'un ressort **(R)** de raideur **$k = 40\ N.m^{-1}$** et de masse négligeable devant celle de **(S)**.

I. Le solide **(S)**, libre de se mouvoir sur un banc à coussin d'air horizontal, est écarté de sa position de repos dans la direction d'un axe **$(O,\vec{i})$** parallèle au banc, puis libéré sans vitesse initiale à un instant **t_o** qui sera pris comme origine des temps (**$t_o = 0$**). Pour étudier les oscillations du pendule, on repère au cours du temps, la position du centre d'inertie **G** du solide **(S)** dans le repère **$(O,\vec{i})$ (Fig.3)**.

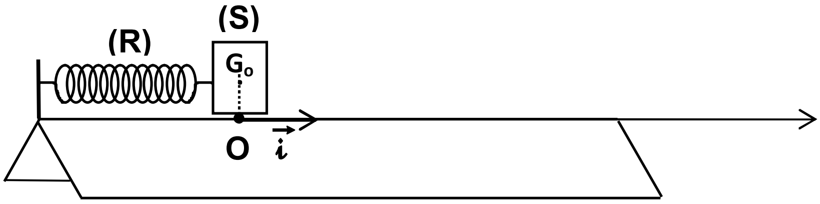

Fig.3

1. a) En désignant par **x** l'abscisse de **G** et par **v**, sa vitesse à un instant **t** donné, exprimer l'énergie mécanique **E** du pendule élastique en fonction de **m**, **k**, **v** et **x**.

b) En admettant que **E** reste constante au cours des oscillations, établir en **x**, l'équation différentielle des oscillations de **G**.

2. Un système approprié d'acquisition des données permet d'obtenir les courbes **1** et **2** de la figure **4**.

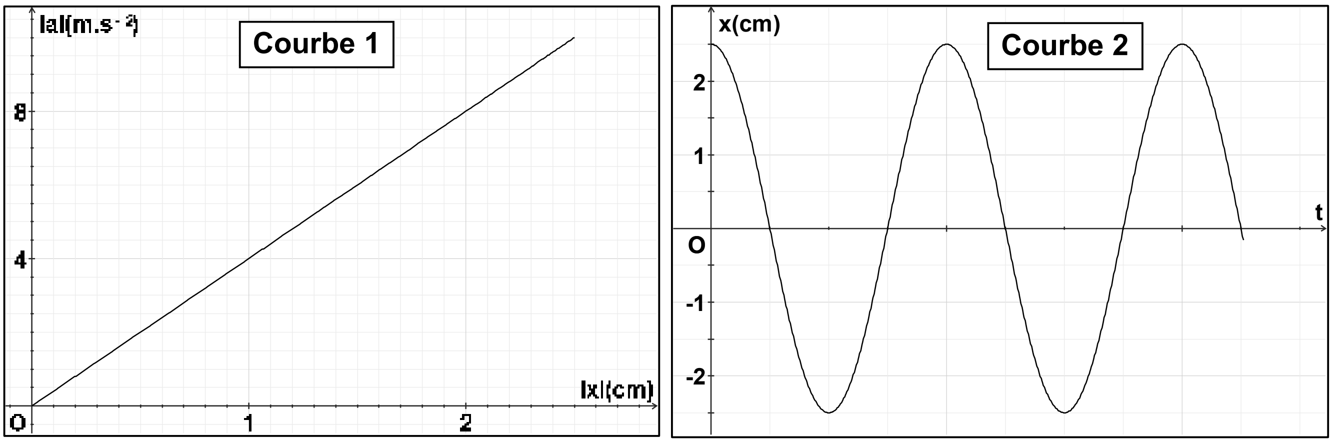

Fig.4

La courbe **1** traduit l'évolution de la valeur absolue de l'accélération **a** de **G** en fonction de la valeur absolue de son élongation **x** ; la courbe **2** représente l'évolution de **x** au cours du temps **t**.

a) Montrer que la forme droite de la courbe **1** vérifie l'équation différentielle établie dans **1.b.**

b) En déduire la valeur de :
- la pulsation des oscillations,
- la masse **m** du solide **(S)**.

c) Déterminer :
- les expressions de **x(t)** et de **v(t)**,
- le sens dans lequel le solide **(S)** a été écarté initialement.

II. Le solide **(S)** est maintenant soumis, au cours de ses oscillations, à une force excitatrice $\vec{F} = (1,2 \sin 18\,t).\vec{i}$ et à une force de frottement $\vec{f} = -h\,\vec{v}$, avec **$h = 0,8\ N.s.m^{-1}$**.

1. Sachant que pour un dipôle **RLC série** soumis à une tension alternative sinusoïdale **$u(t) = U_m \sin\omega t$**, l'équation différentielle reliant la charge du condensateur **q** à sa dérivée première et à sa dérivée seconde est : $L\dfrac{d^2q}{dt^2} + R\dfrac{dq}{dt} + \dfrac{q}{C} = u$ et sa solution est de la forme : $q = Q_m \sin(\omega t + \varphi_q)$,

avec $Q_m = \dfrac{U_m}{\sqrt{R^2\omega^2 + (L\omega^2 - \frac{1}{C})^2}}$: charge maximale et φ_q, phase initiale de **q** telle que $\operatorname{tg}\varphi_q = \dfrac{R\omega}{L\omega^2 - \frac{1}{C}}$.

a) En précisant l'analogie utilisée, écrire :
- l'équation différentielle reliant l'abscisse **x** de **G** à sa dérivée première et à sa dérivée seconde pour l'oscillateur mécanique,

– l’expression de **x(t)** en régime permanent, en précisant son amplitude X_m et sa phase initiale φ_x.

b) En déduire l’expression de la vitesse **v(t)** de **G**.

2. On modifie la pulsation de l’excitateur. Pour une valeur ω_1 de celle-ci, l’amplitude des oscillations devient maximale.

a) Donner le nom du phénomène dont l’oscillateur est le siège à la pulsation ω_1.

b) Dans le cas d’un circuit **RLC série**, un phénomène analogue peut être observé à une valeur ω_r de la pulsation de la tension excitatrice **u(t)**.

Etablir l’expression de ω_r en fonction de la pulsation propre ω_o du circuit, de la résistance **R** et de l’inductance **L**.

c) – En déduire par analogie, l’expression de ω_1 en fonction de **h**, **m** et ω_o, la pulsation propre du pendule élastique.

– Calculer la valeur de ω_1.

d) Calculer la puissance mécanique moyenne du pendule oscillant à la pulsation ω_1.

EXERCICE 3 (4,5 points)

Une corde élastique de longueur **L = 0,6 m** tendue horizontalement est attachée par son extrémité **S** au bout d’une lame vibrante qui lui communique des vibrations sinusoïdales transversales, d’amplitude **a = 4 mm** et de fréquence **N** (voir **figure 5**). Une onde progressive transversale de même amplitude **a** se propage le long de la corde à partir de **S** avec la célérité $v = 10\ m.s^{-1}$.

On suppose qu’il n’y a ni amortissement ni réflexion des ondes.

Le mouvement de **S** débute à l’instant **t = 0** et admet comme équation horaire : $y_S(t) = 4.10^{-3}\sin(200\pi t + \pi)$.

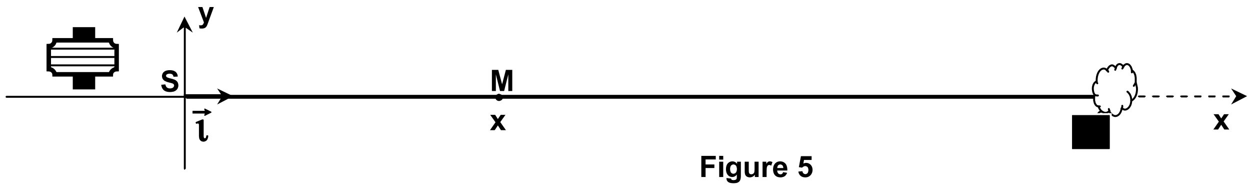

Figure 5

1. Déterminer la valeur de la fréquence **N**, puis celle de la longueur d’onde λ.

2. **a)** Soit **M** un point de la corde d’abscisse **x = SM** dans le repère $(S, \vec{\imath})$.

Etablir l’équation horaire du mouvement de ce point.

b) Montrer que les deux points **A** et **B** de la corde d’abscisses respectives $x_A = 2{,}5\ cm$ et $x_B = 22{,}5\ cm$ vibrent en phase.

3. L’aspect de la corde à un instant t_1 est représenté sur la **figure 6**.

Figure 6

a) Déterminer graphiquement la valeur de t_1.

b) Déterminer les positions des points N_i de la corde ayant, à l’instant t_1, l’élongation $y_{N_i} = \frac{a}{2}$.

c) Parmi ces points, déduire celui qui vibre en phase avec le point N_1 d’abscisse $x_1 = 3{,}33\ cm$.