

4	مدة الإنجاز	الفيزياء والكيمياء	المادة
7	المعامل	العلوم الرياضية	الشعبة أو المسلك
-	الصفحات	محمد زكرياء	إسم الأستاذ

### CHIMIE :

- Etude cinétique et acido-basique de la réactivité d'acide méthanoïque
- Etude de la pile Plomb-Etain :

### PHYSIQUE 1 :

- Etude de propagation des ondes mécaniques à la surface libre d'une nappe d'eau

### PHYSIQUE 2 :

- Etude du dipôle RC :
- Etude du dipôle RL :
- Etude du dipôle RLC forcé :

### PHYSIQUE 3 :

- Mouvement de rotation oscillatoire :
- Mouvement de rotation dans un seul sens :

## CHIMIE :

Les parties I et II sont indépendantes

### Partie I : Etude cinétique et acido-basique de la réactivité d'acide méthanoïque

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.

On s'intéresse dans cette partie à l'étude de l'estérification d'acide méthanoïque et à l'étude d'une solution aqueuse de cet acide méthanoïque.

Donnée : Les masses molaires :  $M(\text{HCOOH})=M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=46\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

#### 1- Estérification de l'acide méthanoïque :

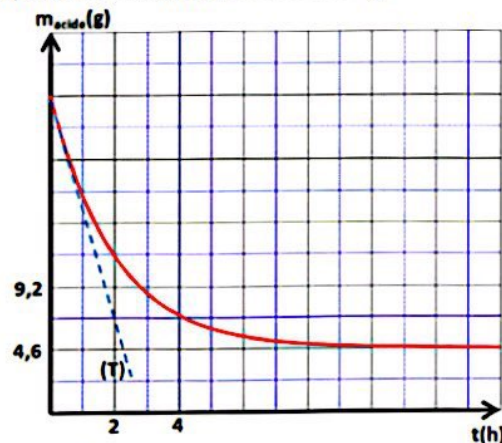
Pour synthétiser un ester E, on mélange dans un erlenmeyer une quantité de matière  $n_0$  d'acide méthanoïque et une quantité de matière  $n_0$  d'éthanol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Le mélange ainsi obtenu a un volume  $V=100\text{mL}$ .

On ajoute au mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce.

On chauffe le mélange à reflux à une température constante  $\theta$ .

On choisit l'instant du début de la réaction comme origine des dates  $t = 0\text{s}$ .

La figure sous-dessous représente, la courbe d'évolution de la masse de l'acide méthanoïque restant dans l'erlenmeyer en fonction du temps  $t$ . La droite (T) représente la tangente à la courbe à  $t=0$ .



1.1- Justifier le choix du chauffage à reflux.

1.2- Ecrire l'équation modélisant la réaction qui se produit.

1.3- Montrer qu'à  $t_{1/2}$  le temps de demi-réaction la masse de l'acide méthanoïque s'écrit :  $m_{1/2} = \frac{m_0 + m_f}{2}$  ;

Avec :  $m_0$  la masse de l'acide méthanoïque à  $t=0$  et  $m_f$  la masse de l'acide méthanoïque à l'équilibre chimique.

En déduire la valeur de  $t_{1/2}$ .

1.4- Déterminer en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  ; la valeur de la vitesse volumique de la réaction à l'instant  $t=0$ .

1.5- Calculer la valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation de synthèse du composé E.

1.6- On élimine 0,1 mol de l'eau au mélange précédent à l'équilibre, déterminer le nouveau sens d'évolution spontanée du système chimique. Conclusion.

#### 2- Etude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque :

On prépare une solution aqueuse  $S_1$  d'acide méthanoïque de concentration molaire  $C_1=10^{-2}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

La mesure du pH de la solution  $S_1$  donne la valeur  $\text{pH}_1=2,92$ .

- 2.1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.
- 2.2- Trouver l'expression du taux d'avancement final  $\tau_1$  de la réaction en fonction de  $C_1$  et  $pH_1$ .  
Vérifier que  $\tau_1 \approx 12\%$ .
- 2.3 - Trouver l'expression de la constante d'acidité  $K_A$  associée au couple  $HCOOH/HCOO^-$  en fonction de  $C_1$  et  $\tau_1$ .  
Calculer sa valeur et en déduire la valeur de  $pK_A$ .
- 2.4- On dilue  $n$  fois la solution  $S_1$ , on obtient alors une solution  $S_2$  de concentration  $C_2$ . On mesure le  $pH$  de la solution  $S_2$  et on trouve  $pH_2=3,66$ .
- 2.4.1- Montrer que :  $\tau_2 = \frac{1}{1 + 10^{pK_A - pH_2}}$ . Calculer  $\tau_2$ .  
Que peut-on déduire en comparant  $\tau_1$  et  $\tau_2$  ?
- 2.4.2- Calculer la valeur du coefficient de dilution  $n$ .

## Partie II : Etude de la pile Plomb-Etain :

On réalise la pile Plomb-Etain en plongeant une électrode de Plomb dans un volume  $V=100\text{mL}$  d'une solution aqueuse de sulfate de plomb ( $Pb^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$ ) de concentration molaire initiale  $C_1=[Pb^{2+}]_i=10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$  et une plaque d'étain dans un autre bécher contenant un volume  $V=100\text{mL}$  d'une solution aqueuse de sulfate d'étain ( $Sn^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$ ) de concentration molaire initiale  $C_2=[Sn^{2+}]_i=10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$ .  
On relie les deux solutions par un pont salin. On monte entre les pôles de la pile, un conducteur ohmique (D), un ampèremètre et un interrupteur  $k$ .

### Données :

- Les masses molaires :  $M(Pb)=207,2\text{g.mol}^{-1}$  ;  $M(Sn)=118,7\text{g.mol}^{-1}$
- La constante de Faraday :  $1 F= 9,65.10^4\text{C.mol}^{-1}$  ;
- La constante d'équilibre associée à la réaction :  $Pb^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)} \rightleftharpoons Pb_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)}$  , est  $K=2,2$  à  $25^\circ\text{C}$ .

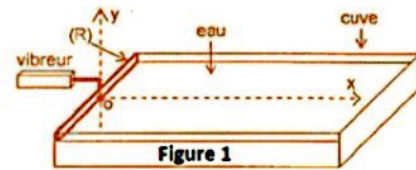
- 1- On ferme l'interrupteur  $k$  à l'instant  $t=0$ ; un courant d'intensité constante  $I=400\text{mA}$  circule dans le circuit.
- 1.1- Calculer le quotient de réaction  $Q_r$  à l'état initial et en déduire le sens d'évolution spontanée du système chimique.
- 1.2- Représenter le schéma conventionnel de la pile étudiée en justifiant sa polarité.
- 1.3- Trouver, lorsque la pile est totalement épuisée :
- 1.3.1- La concentration des ions de plomb dans la solution de sulfate de plomb.
- 1.3.2- La durée  $\Delta t$  du fonctionnement de la pile.
- 2- Lorsque la pile est usée, on verse dans la solution de sulfate de plomb un volume  $V_0=100\text{mL}$  d'eau à un instant  $t=0$  comme nouveau origine du temps. On observe alors le passage d'un courant électrique d'intensité constante  $I'=100\text{mA}$ .
- 2.1- Déterminer le sens d'évolution spontanée du système chimique.
- 2.2- Calculer la nouvelle durée  $\Delta t'$  du fonctionnement de la pile.

## PHYSIQUE 1 :

A l'aide d'une réglette mince (R) entraînée par un vibreur de fréquence  $N$  réglable, perturbe perpendiculairement la surface libre d'une nappe d'eau contenue dans une cuve rectangulaire horizontale. (Figure 1)  
Cette perturbation périodique donne naissance à une onde rectiligne sinusoïdale d'amplitude  $a=2\text{mm}$

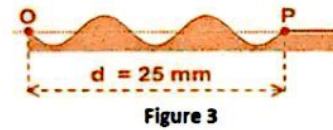
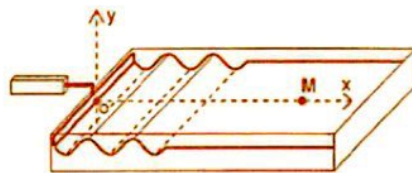
et de fréquence  $N$ , qui se propage à la surface de l'eau avec une célérité  $v$ .

Au repos, le bord inférieur de la réglette affleure la surface libre de la nappe d'eau. La réglette débuté son mouvement à l'instant  $t=0$ , à partir de sa position de repos qui sera prise comme origine des élongations. On supposera qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement de l'onde au cours de la propagation.



### Expérience 1 :

la fréquence  $N$  du vibreur est réglée à une valeur  $N=25\text{Hz}$ . La figure 2 correspond à une photo de la surface de l'eau prise à un instant de date  $t_1$ . On donne sur la figure 3 une coupe de cette surface par un plan vertical perpendiculaire à la réglette et passant par O.



- 1- L'onde étudiée est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.
- 2- Déterminer La valeur de la date  $t_1$ . En déduire la valeur de  $v$ .
- 3- En justifiant votre réponse préciser si à un instant juste après la date  $t_1$  :
  - le point P se déplace horizontalement vers la droite.
  - le point P se déplace verticalement vers le haut.
  - le point P se déplace verticalement vers le bas.
- 4- Soit M un point de la surface de l'eau se trouvant à une distance  $x=OM=15\text{mm}$  de la réglette.
  - 4.1- Comparer l'état de vibration de M et O.
  - 4.2- Représenter, dans l'intervalle  $0 \leq t \leq 150\text{ms}$ , l'allure de l'élongation  $y_M(t)$  du point M.
  - 4.3- Déduire l'élongation  $y_O$  du point O à l'instant  $t=90\text{ms}$ .

### Expérience 2 :

On fait varier la fréquence  $N$  du vibreur et on mesure à chaque fois, la distance  $d$  parcourue par l'onde à l'instant de date  $t_1$ . Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

N(Hz)	12	25	48
d(mm)	23	25	28

- 1- En exploitant les données de ce tableau, justifier que les ondes qui se propagent à la surface de l'eau subissent le phénomène de dispersion.
- 2- Citer une expérience permettant d'observer ce phénomène avec les ondes lumineuses.

## PHYSIQUE 2 :

### I- Etude du dipôle RC :

On considère le montage de la figure 4 constitué d'un condensateur de capacité  $C$  chargé par une tension  $U_0$ , un conducteur ohmique de résistance  $R$ , un interrupteur  $K$  et

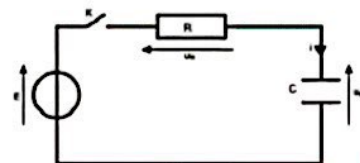


Figure 4

un générateur idéal de tension de f.e.m E.

1- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution au cours du temps de la tension  $u_c$  aux bornes du condensateurs s'écrit :

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot u_c = \frac{E}{\tau} . \text{ Avec } \tau \text{ une constante qu'il faut expliciter.}$$

2- Un dispositif d'acquisition de données permet de suivre l'évolution

de  $\frac{du_c}{dt}$  en fonction de la tension  $u_c$  et de tracer la fonction

$$\frac{du_c}{dt} = f(u_c) . \text{ Figure 5.}$$

En exploitant la courbe, déterminer la valeur de la constante de temps  $\tau$  et vérifier que la f.e.m du générateur est  $E=20V$ .

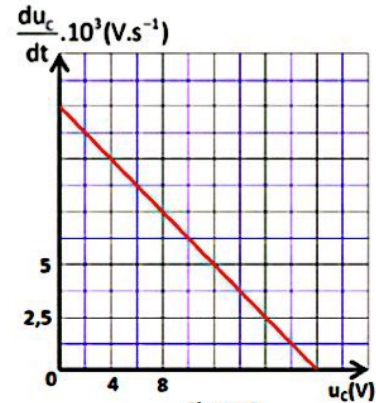


Figure 5

3- La solution de l'équation différentielle précédente est  $u_c(t) = A + B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ , où A et B sont

des constantes. Exprimer A en fonction de E et B en fonction de E et  $U_0$ .

4- L'énergie électrique  $E_e$  emmagasinée dans le condensateur dépend de la capacité C et de la tension  $u_c$ .

Un dispositif d'acquisition de données permet de suivre l'évolution de  $\sqrt{E_e}$  en fonction de temps t.

On obtient la courbe  $\sqrt{E_e} = f(t)$ . Figure 6.

On pose :  $\sqrt{E_{e0}}$  la racine carré de  $E_{e0}$  à  $t=0$  et  $\sqrt{E_{ep}}$  la racine carré de  $E_{ep}$  au régime permanent.

4.1- Montrer que :  $U_0 = E \cdot \sqrt{\frac{E_{e0}}{E_{ep}}}$ .

4.2- En exploitant la figure 6, calculer  $U_0$  et vérifier que  $C=0,5\mu F$ .

En déduire la valeur de la résistance  $R_1$  du conducteur ohmique.

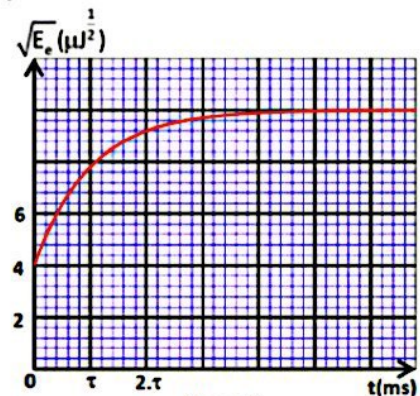


Figure 6

## II- Etude du dipôle RL :

Un générateur basse fréquence (GBF) applique une tension alternative triangulaire aux bornes d'un dipôle AB constitué d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable et d'un conducteur ohmique de résistance  $R=500\Omega$ , montés en série, comme le montre la figure 7. Un oscilloscope, convenablement branché, permet de visualiser simultanément, la tension  $u_{AM}$  aux bornes de la bobine sur la voie  $Y_1$  et la tension  $u_{BM}$  aux bornes du conducteur ohmique sur la voie  $Y_2$ . L'oscillogramme de la figure 8, représente les tensions observées sur l'écran de l'oscilloscope.

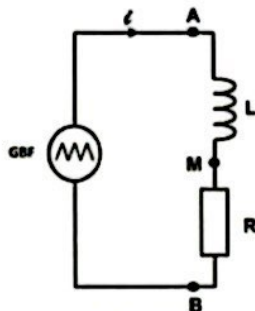


Figure 7

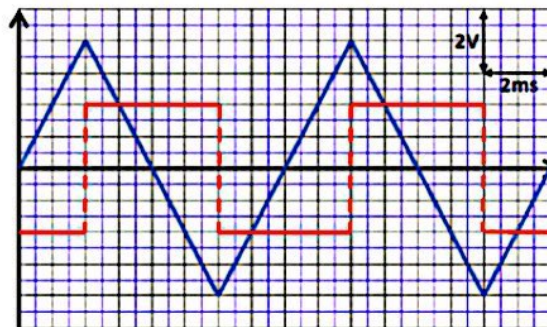


Figure 8

1- Reproduire le schéma de la figure 7 et compléter les branchements aux deux voies  $Y_1$  et  $Y_2$  de l'oscilloscope pour visualiser les deux tensions électriques  $u_{AM}$  et  $u_{BM}$ .

2- Montrer que les tensions  $u_{AM}$  et  $u_{BM}$  sont liées par la relation :  $u_{AM} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{du_{BM}}{dt}$ .

3- Déterminer à partir de l'oscillogramme, les valeurs de  $u_{AM}$  et  $\frac{du_{BM}}{dt}$  au cours de l'intervalle de temps [2ms ; 6ms]. En déduire la valeur de L.

### III- Etude du dipôle RLC forcé :

La bobine utilisée précédemment est maintenant associée en série à un condensateur de capacité  $C=13\mu F$ , à un conducteur ohmique de résistance  $R=90\Omega$  et à un générateur (GBF) qui délivre une tension sinusoïdale, comme le montre la figure 9.

Un oscilloscope permet de visualiser, sur la voie  $Y_1$  la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique et sur la voie  $Y_2$  la tension  $u(t)$  aux bornes du (GBF). Pour une fréquence  $N$ , on obtient les chronogrammes  $(\ell_1)$  et  $(\ell_2)$  de la figure 10, représentant les variations des tensions  $u_R(t)$  et  $u(t)$ .

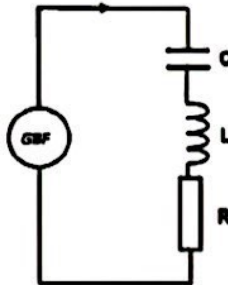


Figure 9

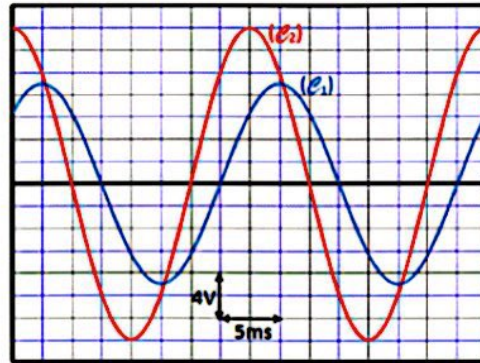


Figure 10

- 1- Identifier, parmi les chronogrammes  $(\ell_1)$  et  $(\ell_2)$  de la figure 10 celui qui correspond à  $u_R(t)$ . Justifier la réponse.
- 2- Calculer la valeur de la puissance moyenne consommée par le circuit.
- 3- Calculer la fréquence  $N_0$  qui peut mettre le circuit en état de résonance.

Calculer la valeur de la puissance moyenne consommée par le circuit à la résonance.

### PHYSIQUE 3 :

Le pendule pesant est un système mécanique qui peut effectuer un mouvement de rotation oscillatoire autour d'un axe fixe horizontal ne passant pas par son centre d'inertie. Si l'axe fixe passe par le centre d'inertie du pendule le mouvement est un mouvement de rotation simple dans un seul sens sans oscillation.

L'objectif de cette partie est l'étude de pendule pesant dans le cas de faibles oscillations et l'étude de ce pendule dans le cas du mouvement de rotation dans un seul sens.

Une tige rigide et homogène AB, de masse négligeable et de longueur L, peut tourner, sans frottement, autour d'un axe horizontal ( $\Delta$ ) qui lui est perpendiculaire et passant par son milieu O. Sur cette tige, peuvent coulisser, de part et d'autre de O, deux masselottes identiques (S) et (S'), chacune de masse  $m = 0,16 \text{ kg}$ .

On repère à chaque instant la position de la tige AB par l'angle  $\theta$  qu'elle forme avec la verticale passant par O.

On prendre : accélération de pesanteur :  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  et  $\pi^2=10$

Pour les angles faibles :  $\cos(\theta) = 1 - \frac{\theta^2}{2}$  et  $\sin(\theta) = \theta$  en rad.

On donne : Le moment d'inertie d'un point matériel de masse  $m$  par rapport à un axe  $(\Delta)$  est défini par :  $J_{\Delta} = m \cdot r^2$  où  $r$  est la distance de la masse  $m$  à l'axe  $(\Delta)$ .

### I- Mouvement de rotation oscillatoire :

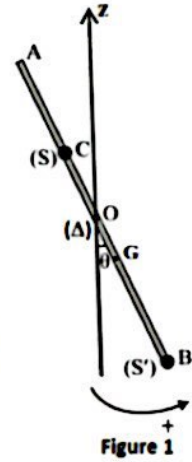
La masselotte (S) est fixée au point C de la tige à la distance  $OC = \frac{L}{4}$  et la masselotte (S') est fixée en B (Figure 1). On pose G est le centre de gravité du système (P) formé par la tige et les deux masselottes.

On pose  $J_{\Delta}$  le moment d'inertie de (P) par rapport à l'axe  $(\Delta)$ .

On écarte (P) d'un angle  $\theta_0$  faible, autour de l'axe  $(\Delta)$ , à partir de sa position d'équilibre stable, dans le sens positif indiqué sur la figure et on l'abandonne avec une vitesse initiale  $\dot{\theta}_0$  à la date  $t_0 = 0$ . (P) oscille alors autour de l'axe  $(\Delta)$  avec une période propre  $T_0$ .

On prend le plan horizontal passant par O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$ .

On prend le plan horizontal passant par O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$ .



1- Montrer que le moment d'inertie de (P) par rapport à l'axe  $(\Delta)$  est :  $J_{\Delta} = \frac{5 \cdot m}{16} \cdot L^2$ .

2- Montrer que l'expression de l'énergie mécanique  $E_m$  de l'oscillateur (P) s'écrit sous la forme :

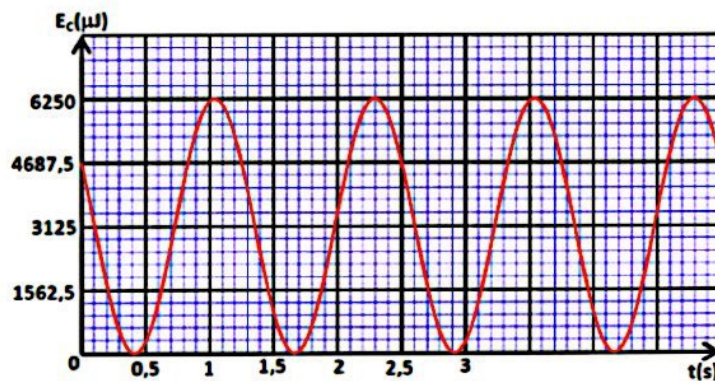
$$E_m = \frac{J_{\Delta}}{2} \cdot \dot{\theta}^2 - \frac{m \cdot g \cdot L}{4} \cdot \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)$$

3- Etablir l'expression de l'équation différentielle vérifiée par l'angle  $\theta$ .

4- Sachant que la solution de l'équation différentielle est :  $\theta(t) = \theta_m \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$ , Vérifier que

l'expression littérale de la période propre  $T_0$  de l'oscillateur s'écrit :  $T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot L}{4 \cdot g}}$ .

5- La courbe de la figure 2 représente l'évolution de l'énergie potentielle  $E_{pp}$  de l'oscillateur (P) en fonction du temps.



5.1- En exploitant la figure 2, Trouver la valeur de la longueur  $L$  de la tige AB, de l'amplitude  $\theta_m$ , de la phase  $\varphi$  et de  $\theta_0$ .

5.2- Calculer la valeur de l'énergie mécanique de l'oscillateur (P).

## II- Mouvement de rotation dans un seul sens :

Dans cette partie, les masselottes (S) et (S') sont fixées respectivement aux extrémités A et B. On obtient un nouveau système (P') de centre d'inertie O. ( Voir figure 3).

À la date  $t_0 = 0$  nouvelle origine de temps, et à partir de sa position d'équilibre stable  $\theta=0$ , on lance le système (P') ainsi constitué, autour de l'axe ( $\Delta$ ) avec une vitesse angulaire initiale  $\dot{\theta}_0$ .

(P') tourne alors, dans un plan vertical autour de l'axe ( $\Delta$ ).

Au cours de la rotation, (P') est soumis à un couple de forces de frottement dont le moment, par rapport à l'axe ( $\Delta$ ) est  $M_{\Delta} = -\lambda \cdot \dot{\theta}$ , où  $\lambda$  est une constante positive et  $\dot{\theta}$  la vitesse angulaire du système (P').

1- Montrer que le moment d'inertie de (P') par rapport à ( $\Delta$ ) est  $J'_{\Delta} = 0,125 \text{ kgm}^2$ .

2- Etablir l'équation différentielle du mouvement du système (P') vérifiée par

la vitesse angulaire  $\dot{\theta}$  :  $\frac{d\dot{\theta}}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot \dot{\theta} = 0$  ; et préciser l'expression

du temps caractéristique du mouvement  $\tau$  en fonction de  $\lambda$  et  $J'_{\Delta}$ .

3- Sachant que l'expression :  $\dot{\theta}(t) = \beta \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$  est une solution de l'équation différentielle, déterminer l'expression et la valeur de la constante  $\beta$ .

4- On obtient, à l'aide d'un matériel informatique convenable, la courbe de la figure 4, représentant

les variations de la vitesse  $\dot{\theta}$  en fonction du temps.

4.1- Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$ .

4.2- En déduire la valeur du coefficient  $\lambda$ .

5- Sachant que la durée du régime transitoire est de  $5 \cdot \tau$ , déterminer le nombre de tours effectués par le système (P') pendant ce régime.

