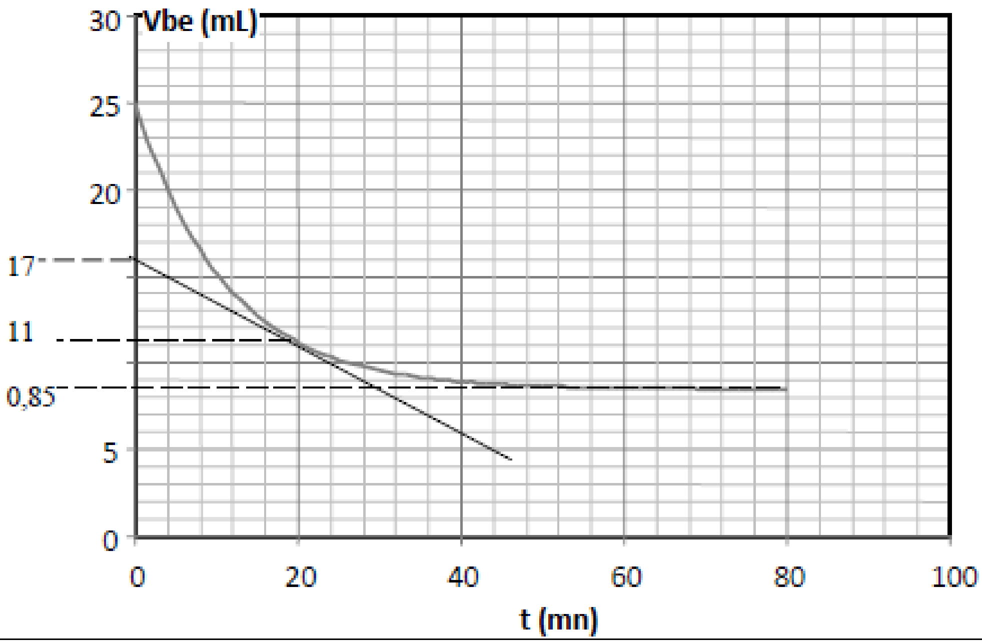
Composition n°1 – Sciences Physiques – 4 heures

Exercice n°1: (3 points)

On désire étudier la cinétique de la réaction d'estérification du propan-1-ol ($CH_3CH_2CH_2OH$) par l'acide méthanoïque ($HCOOH$). Pour cela on réalise dans 11 tubes, à l'instant t =0, un mélange contenant n_o moles d'acide méthanoïque et n_o moles de propan-1-ol avec deux gouttes d'acide sulfurique concentré dont le nombre de mole serait négligeable devant n_0. On place immédiatement les tubes dans un bain-marie maintenu à une température de 80°C. A divers instants repérés, le contenu d'un tube est versé dans de l'eau glacée puis dosé à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + OH^-$) de concentration $C_B = 2$ mol.L^{-1}.
La courbe du Doc 1 représente les variations du volume V_{be} de soude versée en fonction du temps.

1)
   a) Ecrire l'équation de la réaction d'estérification, donner ses caractères.
   b) Quels sont les effets des actes suivants :
      - L'ajout de l'eau glacée avant le dosage ?
      - L'utilisation de l'acide sulfurique concentrée ?
      - Travailler à une température assez élevée (80°C) ?
2) On désigne par $n_E(t)$ le nombre de mole d'ester formé à l'instant t.
   a) Exprimer $n_E(t)$ en fonction de n_o, C_B et V_{be}. En déduire la valeur de n_o.
   b) Déduire du graphe la valeur de l'avancement final de la réaction puis celui du taux d'avancement final
   c) Déterminer la composition du mélange à l'équilibre. En déduire la valeur de la constante d'équilibre relative à la réaction d'estérification.
3)
   a) Montrer que la vitesse de la réaction $v(t) = -C_B \dfrac{dV_{be}}{dt}$
   b) Calculer sa valeur a l'instant t= 20min
4) Dans une deuxième expérience en prépare un mélange renfermant, 0,1mol de $CH_3CH_2CH_2$-OH, 0,2mol de HCOOH, 0,8 mol d'ester et 1 mol d'eau.
   a) Préciser le sens d'évolution spontanée.
   b) Déterminer la composition du mélange à l'équilibre. On prendre K_E=4



Exercice n°2: (3 points)

1) On mesure le pH d'une solution aqueuse S_O d'acide perchlorique $HClO_4$, dont la concentration est $C_0 = 2{,}5.10^{-3} mol.L^{-1}$. On trouve pH = 2,6
   a) Montrer que l'acide perchlorique est un monoacide fort.
   b) Ecrire l'équation de la réaction de l'acide perchlorique avec l'eau
   c) Indiquer le mode opératoire et la verrerie utilisée pour obtenir 100mL de solution S_1 d'acide perchlorique de concentration $C_1 = 1{,}00.10^{-4} mol.L^{-1}$ à partir de la solution précédente
   d) Quel est le pH de la solution S_1 ?
2) Une solution commerciale S_0' d'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ dibase forte a une densité par rapport à l'eau d =1,4 et titre 37% d'hydroxyde de calcium en masse.
   a) Montrer que la concentration molaire de cette solution S_0' est $C_0 = 7 mol.L^{-1}$
   b) Quel volume V_0' de cette solution S_0' doit-on diluer par de l'eau pure pour obtenir 2L de solution S_1' de pH égal à 12,5 ? Avec quelle verrerie mesure-t-on V_0' ?
3) A V_A =175mL de la solution S_0 d'acide perchlorique, on ajoute V'_0 = 25mL de la solution S_1' d'hydroxyde de calcium.
   a) Ecrire l'équation bilan de la réaction acide-base qui se produit.
   b) La solution obtenue est-elle acide, neutre ou basique ? justifier la réponse
   c) Quel est le pH du mélange ?

On donne : $M(Ca(OH)_2) = 74 g.mol^{-1}$

Exercice n°3: (4 points)

Le mouvement d'un satellite (S) de masse ms est étudié dans le référentiel géocentrique considéré galiléen. La Terre est assimilée à une sphère homogène de masse M_T, de rayon R_T et de centre O. La période de rotation de la Terre autour de l'axe des pôles est notée T_T. Le satellite (S) est assimilable à un point matériel O' se déplaçant d'un mouvement uniforme sur une trajectoire circulaire de rayon $r = R_T + h$, h étant l'altitude du satellite.

On donne : $M_T = 6.10^{24}$ kg ; R_T = 6380 km ; $G = 6{,}67.10^{-11}$ SI ; T_T = 86164 s.

1.
   1.1. Donner l'expression de la valeur F de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Terre sur le satellite en fonction de m_s, M_T, R_T, h et G (constante universelle de gravitation).

Figure 1

   1.2. Exprimer le vecteur force $\vec{F}$ en fonction du vecteur unitaire $\vec{u}$.
2. Reproduire la figure 2 et représenter qualitativement :
   2.1. le vecteur force $\vec{F}$ au point O' ;
   2.2. les vecteurs vitesses et accélérations aux points A et B de la trajectoire (figure 2).
3.
   3.1. Établir l'expression de la vitesse v_s du satellite en fonction de M_T ; R_T ; h et G.
   3.2. Exprimer la vitesse du satellite en fonction de sa période de révolution T et montrer que le rapport ($\frac{T^2}{(R+h)^3}$) est constant.

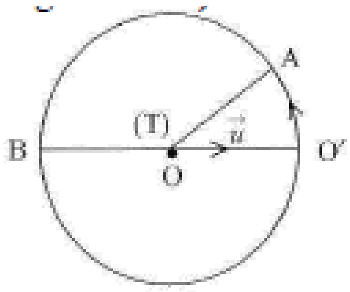


Figure 2

4. Le satellite est géostationnaire.
   4.1. Donner le nom du plan dans lequel se trouve la trajectoire de ce satellite.
   4.2. Calculer son altitude h et la vitesse v avec laquelle il parcourt sa trajectoire.

4.3. La Lune est un satellite de la Terre. Soit O" son centre d'inertie. Sa période de révolution autour de la Terre est : T_L = 27 j 07 h 43 min. Calculer la distance D séparant les centres d'inertie de la Terre et de la Lune, en utilisant le résultat de la question 3.2.

5. On admet que D = $3{,}84.10^5$ km et on donne $M_L = 7{,}34\ .10^{22}$ kg. On place entre ces deux astres à une distance *d* par rapport au centre de la Terre, un satellite S' de masse m' au point I (figure 3). On supposera que les centres d'inertie de la Terre, de la Lune et du satellite S' sont alignés.

5.1. Exprimer les valeurs F_1 et F_2 des forces respectivement exercées par la Terre et par la Lune sur S', en fonction de G, M_T, M_L, m', *d* et D.

5.2. Calculer *d* si $F_2 = F_1$.

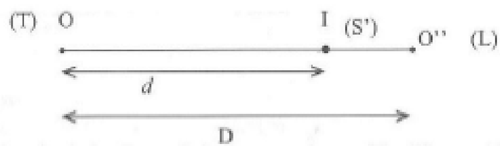


Figure 3

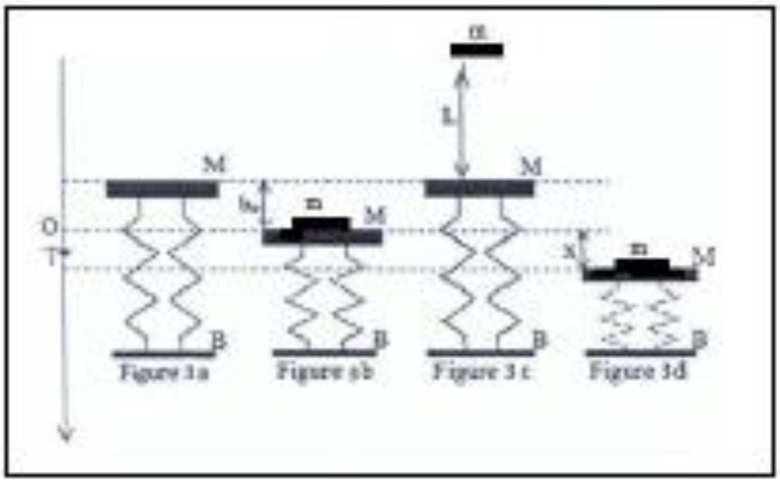
<u>Exercice n°4: (5 points)</u>

1) La remorque d'un véhicule au repos peut être assimilée au dispositif suivant : un solide de masse M = 500 kg reposant, par l'intermédiaire de deux ressorts identiques de raideur k, sur une barre B représentant l'axe des roues de la remorque (figure 3 a). On admet que, sous l'action du solide de masse M, les deux ressorts verticaux sont comprimés de Δl= 15 cm. Quelle est la raideur k de chaque ressort ? *On prendra g = 9,8 m.s $^{-2}$*.
2) Lorsqu'on charge la remorque, cela revient à augmenter M de m = 50 kg. Chaque ressort est alors comprimé d'une même quantité supplémentaire b_o, (figure 3b). Calculer le nouveau raccourcissement a_o du ressort et en déduire b_o.
3) Lors d'une opération de chargement, la masse m = 50 kg d'un solide est lâchée sans vitesse initiale. Après un parcours de longueur L (figure 3c), cette masse m vient heurter la masse M.
   a) Déterminer le module v de la vitesse de l'ensemble des deux solides accrochés, immédiatement après le choc en fonction de M, m, g et L.
   b) Pour L = 27,225 m et pour la suite du problème, on vérifie que $v^2 = \dfrac{6k.\Delta l.a_o}{M+m}$. En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, montrer que le raccourcissement maximal am du ressort est tel que : $a_m = a_o\left(1+\sqrt{1+\dfrac{\Delta l}{a_o}+\left(\dfrac{\Delta l}{a_o}\right)^2}\right)$

<u>Indications</u> : a_m est la longueur entre la position à vide et la position de compression maximale. On prendra l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur à la position d'équilibre de M correspondant à la question 1. L'origine de l'énergie potentielle élastique est choisie à la position du ressort à vide.

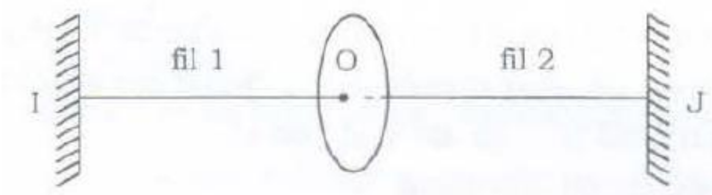
   c) Quelle est alors l'expression de la longueur minimale l_m du ressort en fonction de sa longueur à vide l_o et des raccourcissements a_o et Δl?
4) On repère la position du système, constitué des deux masses accrochées (figure 3d), par son abscisse x l'axe ($(O,\vec{i})$) vertical et orienté vers le bas. L'origine O, sur cet axe sera prise à la position d'équilibre définie à la question 2.
   a) Établir l'équation différentielle du mouvement tant que les deux masses restent liées.
   b) Montrer que la solution de cette équation peut se mettre sous la forme $x = X_m\cos(\omega t+\varphi)$ à condition d'exprimer ω en fonction de k, M et m.
   c) Calculer le module de l'accélération du système lorsqu'il s'est déplacé d'une longueur d = 10 cm par rapport à sa position d'équilibre définie à la question 2.
   d) Exprimer X_m en fonction de a_o et Δl.
   e) La solution de l'équation différentielle peut s'écrire aussi sous la forme $x = x_o\cos\omega t+\dfrac{v_0}{\omega}\sin\omega t$ où x_o et v_o représentant respectivement l'élongation et la

vitesse du système des deux masses à l'instant initial (t = 0). Exprimer X_m, $\cos\varphi$ et $\sin\varphi$ en fonction de x_o, v_o et ω.



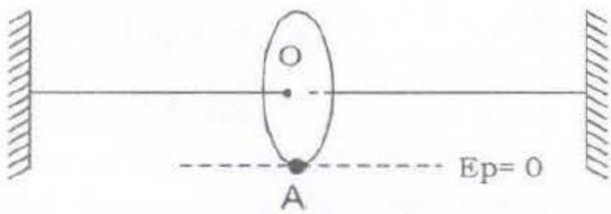
Exercice n°5: (5 points)

Un disque homogène de masse M = 100 g et de rayon R = 10 cm est soutendu de part et d'autre par deux fils de torsion de mêmes caractéristiques. Ces deux fils sont fixés au disque à son centre 0 et les deux autres bouts, à deux points fixes I et J. Les fils sont horizontaux et perpendiculaires au plan du disque. (Voir figure 1)



(Fig. 1)

1) On écarte légèrement le disque de sa position d'équilibre d'un petit angle θ_m. puis on le lâche sans vitesse initiale. La constante de torsion de chaque fil est $C = 10^{-2}$ Nm.rad $^{-1}$. Déterminer l'équation différentielle du mouvement et en déduire sa nature. On rappelle que le moment d'inertie d'un disque homogène par rapport à un axe qui lui est perpendiculaire et passant par son centre d'inertie 0 est $J_0 = \frac{1}{2}MR^2$.
2) On fixe sur la circonférence du disque, en un point A situé au-dessous de 0 , une masse ponctuelle $m = \frac{M}{2}$ (voir figure 2).



(Fig. 2)

On écarte de nouveau le système d'un petit angle θ_m , puis on l'abandonne sans vitesse initiale.

a) Etablir l'équation différentielle du mouvement en utilisant la conservation de l'énergie mécanique totale, sachant que l'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau indiqué sur la figure et que l'énergie potentielle de torsion est nulle à la position d'équilibre.
b) Calculer la période du mouvement du système.