DEVOIR DE SCIENCES PHYSIQUES N°2
Premier semestre. Durée : 04heures

CHIMIE

EXERCICE 1 : (02 points)

On chauffe un mélange équimolaire d'acide éthanoïque et d'acide propanoïque avec de l'oxyde de phosphore P_4O_{10}. La distillation fractionnée des produits de la réaction permet d'isoler trois composés organiques A, B et C. Tous réagissent vivement avec l'eau :

- A engendre l'acide éthanoïque ; B conduit à l'acide propanoïque ;
- C donne naissance à un mélange équimolaire des deux acides éthanoïque et propanoïque.

1.1. Identifier les composés A et B. Donner leurs formules semi développées et leurs noms. Ecrire les équations bilan de leurs réactions de formation. (0,75 point)

1.2. Identifier le corps C. Donner sa formule semi développée. Ecrire l'équation bilan de sa réaction de formation. (0,50 point)

1.3. A et B réagissent avec l'ammoniac en engendrant, respectivement, les amides A' et B'. Ecrire les équations-bilan et nommer A' et B'. (0,50 point)

1.4. Le composé C réagit aussi avec l'ammoniac et forme un mélange équimolaire de deux amides A'et B'. Essayez d'interpréter les réactions conduisant à A' et B' par des équations bilan. (0,25 point)

EXERCICE 2 : (04 points)

Le butanoate de méthyle, $CH_3 — CH_2 — CH_2 — COO— CH_3$*, est utilisé comme arôme dans l'industrie alimentaire et dans la parfumerie pour son odeur de pomme.*

On se propose d'étudier une réaction de préparation du butanoate de méthyle et la cinétique de cette réaction.

2.1. *Préparation du butanoate de méthyle*.

2.1.1. Recopier la formule, entourer puis nommer le groupe fonctionnel présent dans la molécule du butanoate de méthyle. (0,25 point)

2.1.2. Le butanoate de méthyle est obtenu en faisant réagir deux composés organiques A et B.
Le réactif A est un acide carboxylique. Préciser la famille du réactif B. (0,25 point)

2.1.3. Ecrire les formules semi-développées puis donner les noms des réactifs A et B. (0,50 point)

2.1.4. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre les composés A et B.
Donner le nom de cette réaction ; préciser ses caractéristiques. (0,75 point)

2.1.5. Calculer les quantités de matière minimales de A et B à utiliser pour obtenir 1 mol de butanoate de méthyle à partir d'un mélange équimolaire, le rendement de la réaction étant égal à 67 %. (0,25 point)

2.2. *Etude cinétique de la réaction chimique*.

Dans cette partie, l'équation-bilan de la réaction chimique est écrite sous la forme
$A + B \rightleftarrows D + H_20$ où D est le butanoate de méthyle.

A la date $t_0 = 0$, on réalise un mélange équimolaire des réactifs A et B: $n_{0A} = n_{0B} = 1$ mol.

Des mesures ont permis de déterminer les quantités de matière d'acide carboxylique présent dans le mélange réactionnel au cours de la synthèse et de tracer la courbe $n_A= f(t)$ (voir courbe ci-dessous).

Par exploitation de cette courbe

2.2.1. Retrouver la date t_1 à laquelle la quantité d'acide carboxylique (n_A) présent dans le milieu, représente 42 % de la quantité initiale (n_{0A}) de A. (0,25 point)

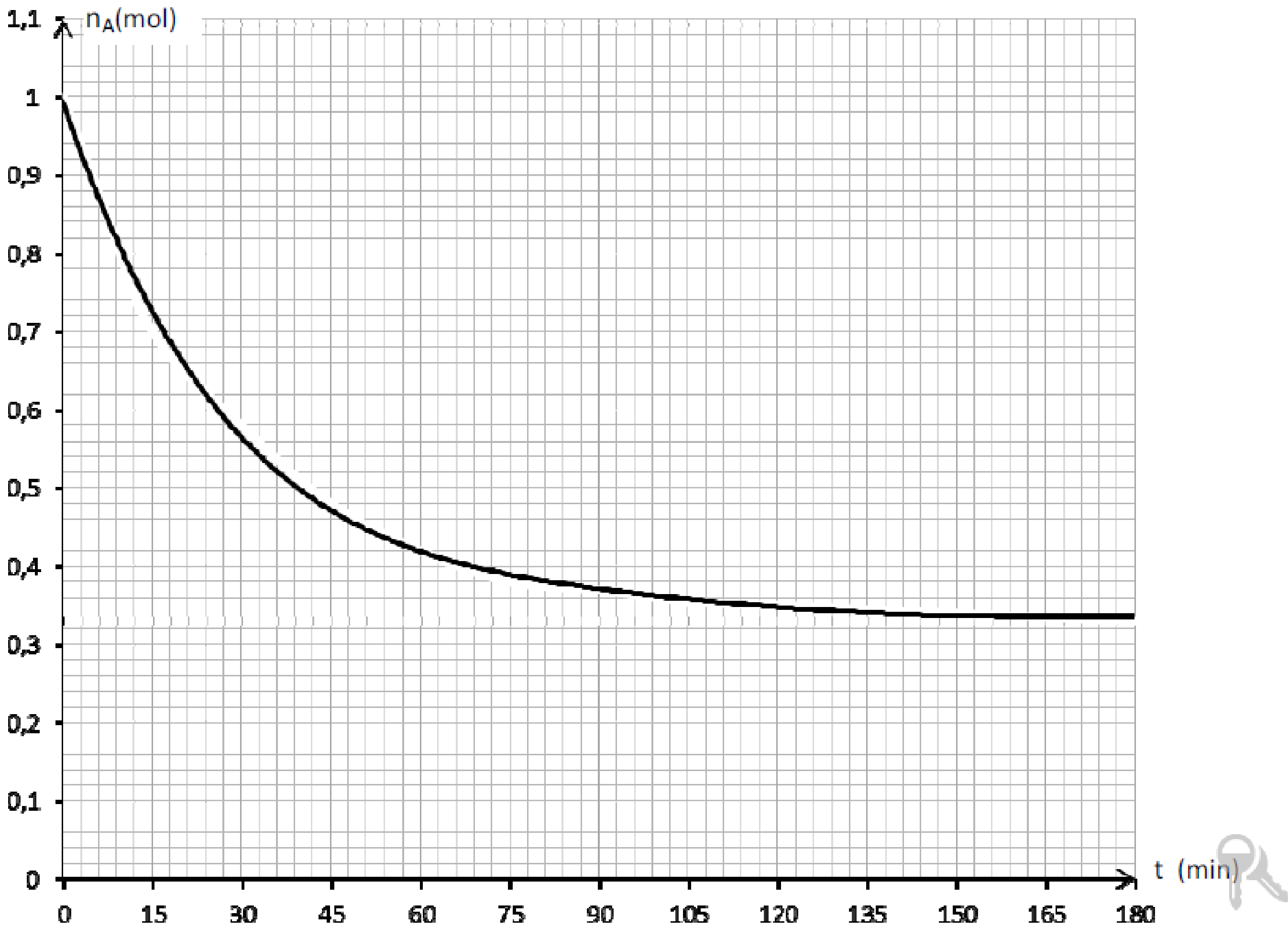
2.2.2. Déduire, à cette date t_1, la quantité de matière de butanoate de méthyle formé. (0,50 point)

2.2.3. Calculer la vitesse moyenne de disparition de l'acide carboxylique entre le début de la réaction et la date t_1. (0,5 point)

2.2.4. Déterminer la vitesse instantanée de disparition de l'acide carboxylique à la date t = 45 min. (0,50 point)

2.2.5. Déterminer, sans faire de calcul, la vitesse moyenne de disparition de l'acide carboxylique A entre les dates $t_2 = 165$ min et $t_3 = 180$ min. Interpréter cette valeur. (0,25 pointt)

NB: il n'est pas demandé de rendre la courbe avec la feuille de copie; toutefois on expliquera succinctement l'exploitation faite de cette courbe pour répondre aux questions.



PHYSIQUE

EXERCICE 3 : (04,50 points)

Dans beaucoup de moteurs, pour diminuer l'usure des pièces mécaniques, on utilise des huiles dont l'une des caractéristiques fondamentales est la viscosité.

Dans ce qui suit, on se propose de déterminer la viscosité d'une « huile moteur ». Pour cela, on étudie la chute verticale d'une bille en acier d'abord dans l'air puis dans l'huile. Dans les deux cas, la bille est lâchée sans vitesse initiale à partir d'un point O du fluide pris comme origine de l'axe (OX) vertical et orienté vers le bas et l'instant de lâcher est pris comme origine des dates t = 0.

Sur la bille s'exercent les trois forces suivantes:

- Son poids $\vec{P}$;
- La résistance $\vec{f}$ du fluide, qui est une force colinéaire et de sens opposé au vecteur vitesse instantanée de la bille, d'intensité $f = 6\ \pi\eta rV$, expression où r est la viscosité du fluide supposée constante, V la valeur de la vitesse instantanée de la bille et r son rayon;
- La poussée d'Archimède $\vec{F}$ qui est une force verticale orientée vers le haut, d'intensité $F = \rho\ V_B\ g$ relation où ρ est la masse volumique du fluide, V_B le volume de la bille et g l'intensité de la pesanteur.

3.1. *Etude du mouvement de la bille dans l'air.*

3.1.1. Représenter les forces appliquées à la bille à une date t> 0. (0,25 point)

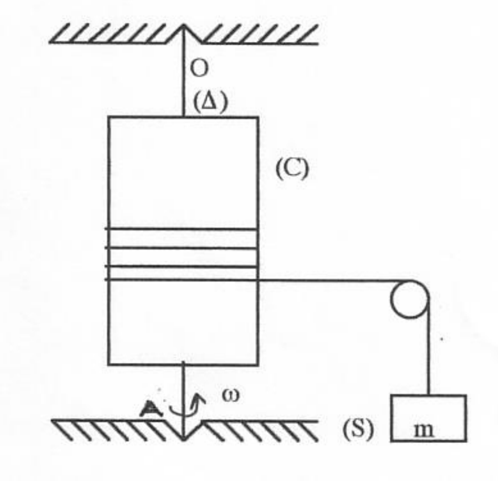
3.1.2. Calculer l'intensité de chacune de ces forces pour $V = 5$ m/s. En déduire qu'on peut négliger les intensités de $\vec{F}$ et $\vec{f}$ devant celle du poids. (0,50 point)
3.1.3. Etablir les équations horaires de la vitesse V(t) et de l'abscisse x (t) de la bille puis préciser la nature du mouvement de la bille dans l'air. (0,50 point)
3.1.4. Au bout d'un parcours de 50 cm depuis le point O, la bille acquiert une vitesse de 3,16m/s. Montrer que cette information confirme l'approximation faite à la question 3.1 .2. (0,50 point).
3.2. Etude du mouvement de la bille dans l'huile
3.2.1. Les intensités de $\vec{F}$ et $\vec{f}$ ne sont plus négligeables devant celle du poids.
Par application du théorème du centre d'inertie, montrer que l'équation différentielle du mouvement de la bille peut s'écrire sous la forme: $\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau} V = C$ où C et τ sont des constantes. (0,50 point)
3.2.2. Donner l'expression de C en fonction de g, ρ_{ac} (masse volumique de l'acier) et ρ_h (masse volumique de « l'huile moteur ») puis exprimer τ en fonction de ρ_{ac} , r et η (viscosité de l'huile moteur). Vérifier que C $= 8,4$ m.s^{-2}. (0,75 point)
3.2.3. Au bout d'un temps suffisamment long, l'accélération de la bille s'annule. La vitesse obtenue à partir de cet instant est appelée vitesse limite de module V_{lim}
a) Décrire la nature du mouvement de la bille après que l'accélération s'annule puis exprimer la vitesse limite V_{lim} en fonction de τ et C. (0,50 point)
b) On trouve expérimentalement que $V_{lim} = 4,2$ cm/s. Quelle valeur de τ peut-on en déduire? (0,50 point)
3.2.4. Déterminer la valeur de la viscosité η de « l'huile-moteur ». (0,50 point)
Données:
Masse volumique de l'acier: $\rho_{ac} = 7,8 \times 10^3$ kg/m^3 ; masse volumique de l'air: $\rho_0 = 1,3$ kg/m^3
Masse volumique de l'huile moteur: $\rho_h = 1,26 \times 10^3$ kg/m^3 ; viscosité de l'air: $\eta(air) = 1,85.10^{-5}$ SI
Rayon de la bille r= 1,5 mm :Volume de la bille $V_B = \frac{4}{3}\pi r^3$; g= 10 N/kg

EXERCICE 4 : (04,50 points)
Une fusée à décollage vertical a une masse au sol m_0.
Elle décolle à la date $t = 0$.
4.1. Les gaz sortant d'une tuyère servent à la propulsion de la fusée. La vitesse d'éjection des gaz par rapport à la fusée est $\vec{V}_e$, le débit massique des gaz est k. Soit m la masse de la fusée à l'instant t et $\vec{V}$ sa vitesse par rapport à un observateur terrestre (supposé galiléen).
En appliquant le théorème du centre d'inertie, donner l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ de la fusée à l'instant t en fonction de m, k, $\vec{V}_e$ et $\vec{g}$ (accélération de la pesanteur supposée constante). On négligera la résistance de l'air. (0,75 point)
4.2. Le débit massique k des gaz est constant, on étudie le mouvement vertical ascendant de la fusée.
4.2.1. Soit m_0 la masse initiale de la fusée. Donner l'expression de l'accélération a de la fusée en fonction du temps. (0,75 point)
4.2.2. Sachant qu'au départ $a = 0$ pour $m_0 = 10$ tonnes, $V_e = 2450$ m.s^{-1}, calculer k. (0,75 point)
4.3. La masse de combustible représente les $\frac{4}{5}$ de la masse totale initiale m_0.
4.3.1. Au bout de combien de temps le carburant est-il épuisé ? (0,75 point)
4.3.2. Calculer la vitesse atteinte à cet instant. (0,75 point)
4.3.3. A quelle altitude z se trouve alors la fusée ? (0,25 point)
4.4. A la fin de la combustion, le mouvement de la fusée devient balistique.
Avec les mêmes hypothèses simplificatrices que pour les questions précédentes, calculer la vitesse V' de la fusée lorsque celle-ci atteint l'altitude de 300 km. (On fera l'application numérique en prenant pour g, supposé constant ce domaine d'étude la valeur 9,0 m.s^{-2} (0,50 point)
EXERCICE 5 : (05 points)
Données : $g = 10$ m.s^{-2} ; $m = 50$ g ; $M = 2900$ g ; $R = 20$ cm

• Moment d'inertie d'un cylindre par rapport à l'axe (Δ) : $J_\Delta = \frac{1}{2} M.R^2$

Un cylindre homogène (C) de masse M et de rayon R peut tourner librement autour de son axe vertical (D). Un fil inextensible de masse négligeable, peut tourner sans glisser autour du cylindre (C) de masse négligeable. Le fil passe ensuite par la gorge d'une poulie (P) de masse négligeable comme le montre la figure ci-contre. Un solide (S) de masse m est accroché à l'autre extrémité du fil.

On néglige tous les frottements.



On abandonne le système sans vitesse initiale et on détermine avec un chronomètre le temps mis par le cylindre pour effectuer n tours complets à partir du repos. On obtient les résultats suivants :

n(tours)	1	2	3	4
t(s)	2,7	3,9	4,8	5,6
t^2 (s^2)	7,3	15,2	23,0	30,7

5.1. Tracer le graphe $n = f(t^2)$ (01 point)

Echelles : 1 cm pour 2,5 s^2 et 2 cm pour 1 tour.

5.2. Quelle est la nature du mouvement du cylindre ? Justifier la réponse. (01 point)

5.3. Déterminer la valeur expérimentale de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}_{exp}$ du cylindre (C). (01 point)

5.4. Montrer que l'expression de l'accélération angulaire théorique du cylindre (C) peut se mettre sous la forme :

$$\ddot{\theta}_{th} = \frac{mgR}{J_\Delta + mR^2}$$. Calculer sa valeur. (01 point)

5.5. Comparer la valeur expérimentale de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}_{exp}$ du cylindre et sa valeur théorique $\ddot{\theta}_{th}$. Commenter brièvement ces résultats. (01 point)

La chance est au bout de l'effort. AU TRAVAIL !