DUREE : 04 HEURES

Exercice 1 : les esters d'acides gras en cosmétologie

Les cosmétiques sont des produits d'hygiène et d'embellissement du corps humain. Ils sont de plus en plus nombreux dans nos salles de bain. On classe dans les cosmétiques, les produits de soin, de maquillage, de rasage, les produits capillaires, solaires, les parfums... La formulation des produits cosmétiques fait souvent appel à des esters d'acides gras. M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(O) =16 g.mol^{-1}

1.1- Si RCO_2H symbolise l'acide et R'OH l'alcool, écrire l'équation bilan de cette réaction ? Quelles sont ces caractéristiques ?

1.2- On a ainsi préparé, à partir d'un alcool et d'un acide carboxylique à chaîne carbonée linéaire et saturée, un ester E de masse molaire 298 g/mol. Quelle est sa formule brute ?

1.3- Pour identifier cet ester, on en saponifie 14,90 g ; on obtient deux composés A et B. Par distillation, on récupère une masse m(B) = 3,00 g. B peut facilement être oxydé une solution acide de permanganate de potassium et le produit obtenu n'a aucune action sur le nitrate d'argent ammoniacal.

1.3.1- Quelle est la fonction chimique de B ? Quelle quantité de matière en obtient-on ?

1.3.2- En déduire sa masse molaire, sa formule brute et sa formule semi-développée.

1.3.3- Ecrire l'équation générale de la réaction de saponification.

1.3.4- Définir du point de vue chimique ce qu'est un savon. Donner sa formule générale.

1.3.5- Identifier l'acide carboxylique utilisé pour préparer l'ester en donnant sa formule brute et sa formule semi-développée. En déduire la formule semi-développée de l'ester E.

Exercice 2 : l'exploration d'une grotte

Dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire sur le thème de la spéléologie, des élèves de terminale doivent faire l'exploration d'une grotte où ils risquent de rencontrer des nappes de dioxyde de carbone CO_2. A teneur élevée, ce gaz peut entraîner des évanouissements et même la mort. Le dioxyde de carbone est formé par action des eaux de ruissellement acides sur le carbonate de calcium $CaCO_3$ présent dans les roches calcaires. Le professeur de chimie leur propose d'étudier cette réaction.

Données : température du laboratoire au moment de l'expérience : 25°C ; constante des gaz parfaits : R = 8,31 SI ; pression atmosphérique : $P_{atm} = 1,020.10^5$ Pa ; masses molaires atomiques, en g.mol^{-1} : M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(O) = 16 ; M(Ca) = 40 . L'air sera considéré comme un gaz parfait.

Dans un ballon, on réalise la réaction entre le carbonate de calcium $CaCO_3$ et l'acide chlorhydrique .Le dioxyde de carbone formé est recueilli par déplacement d'eau, dans une éprouvette graduée.

Un élève verse dans le ballon, un volume V_S = 100 mL d'acide chlorhydrique à 0,1 mol.L^{-1}. A la date t = 0 s, il introduit rapidement dans le ballon 2,0 g de carbonate de calcium tandis qu'un camarade déclenche un chronomètre. Les élèves relèvent les valeurs du volume V_{CO2} de dioxyde de carbone dégagé en fonction du temps. Elles sont reportées dans le tableau ci-dessous. La pression du gaz est égale à la pression atmosphérique.

t (s)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
V_{CO2} (mL)	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103

t (s)	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
V_{CO2} (mL)	106	109	111	113	115	117	118	119	120	120	121

La réaction chimique étudiée peut être modélisée par l'équation :

$$CaCO_3 + 2\,H_3O^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2 + 3H_2O$$

2.1. Calculer la densité par rapport à l'air du dioxyde de carbone. Dans quelles parties de la grotte ce gaz est-il susceptible de s'accumuler ?

2.2. Déterminer les quantités de matière initiale de chacun des réactifs. Quel est le réactif limitant ?

2.3. Dresser le tableau donnant la quantité de matière $n(CO_2)$ de dioxyde de carbone pour chacune des dates. Tracer la courbe $n(CO_2)$ =f(t). Echelle : 1 cm $\rightarrow$ 10 s ; 1 cm $\rightarrow$ 0,5 mol.

2.4. Définir la vitesse de formation du dioxyde de carbone et déterminer sa valeur à l'instant t= 100s. A la même date déterminer la vitesse de disparition des ions hydronium.

2.5. Comment varie la vitesse au cours du temps ? Justifier la réponse.

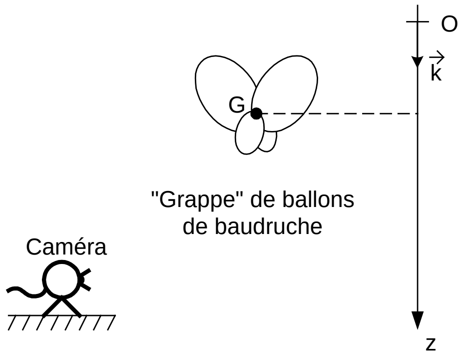
2.6. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Déterminer graphiquement sa valeur.

2.7. La température de la grotte qui doit être explorée par les élèves est inférieure à 25°C. Quel est l'effet de cet abaissement de température sur la vitesse de réaction à la date $t = 0$ s ?

Exercice 3 : frottements avec l'air : qu'en dit la Nasa

Intrigué par la notion de frottement fluide introduite en classe, un élève recherche des informations sur la notion de force de traînée. Sur le site de la NASA, "National Aeronautics and Space Administration", dont l'activité se partage entre domaine spatial et aéronautisme, l'élève trouve :

"La force de traînée sur un avion ou une navette dépend de la densité de l'air, du carré de la vitesse, de la viscosité et de la compressibilité de l'air, de la taille et de la forme de l'objet ainsi que de son inclinaison par rapport à l'écoulement d'air. En général, la dépendance à l'égard de la forme du corps, de l'inclinaison, de la viscosité et de la compressibilité de l'air est très complexe."



A l'issue de cette recherche, l'élève dégage deux modèles pour rendre compte des frottements exercés par l'air sur les objets.

- modèle 1 : les frottements dépendent, entre autres, de la viscosité de l'air η_{air} et de la valeur v de la vitesse du centre de gravité G du système. On exprime alors la force sous la forme : $\vec{f}_1 = -A.\eta_{air}.v.\vec{k}$ où A est une constante.

- modèle 2 : les frottements dépendent, entre autres, de la masse volumique de l'air ρ_{air} et du carré de v. On écrit alors la force sous la forme : $\vec{f}_2 = -B.\rho_{air}.v^2.\vec{k}$ où B est une constante.

Les constantes A et B sont liées à la forme du corps et à son inclinaison.

Le choix entre ces deux modèles est lié à l'expérience. Son professeur lui conseille de les appliquer à la chute verticale d'une grappe de ballons de baudruche dont il peut lui fournir le film. Il lui donne également les valeurs approchées des constantes A et B.

Un logiciel adapté permet d'obtenir la courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système (voir figure).

Le système fourni par l'ensemble des ballons de baudruche, de masse m et de volume total V_B, est lâché sans vitesse initiale, dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ uniforme et vertical. Toute l'étude de cet exercice est faite dans le référentiel terrestre supposé galiléen, muni d'un repère $(O ; \vec{k})$ dont l'axe Oz vertical est orienté vers le bas. On pose $v_z = v$, valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système.

Données pour l'objet étudié : $g = 9,8\ m.s^{-2}$; Valeurs approchées de A et B calculées à partir de la géométrie de l'objet : $A \approx 1 \times 10^{1}$ m ; $B \approx 2 \times 10^{-2}\ m^2$; m = 22 g ; masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1,2\ g.L^{-1}$; viscosité dynamique de l'air : $\eta_{air} = 2 \times 10^{-5}\ kg.m^{-1}.s^{-1}$;

3.1. Le système est soumis à trois forces, son poids $\vec{P}$, les frottements ($\vec{f}_1$ ou $\vec{f}_2$) et la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

3.2. Si l'on choisit le modèle 1, montrer que dans le référentiel terrestre (supposé galiléen), la vitesse v vérifie l'équation différentielle :

$$m.\frac{dv}{dt} = m.g(1 - \frac{V_B.\rho_{air}}{m}) - A.\eta_{air}.v \quad (1)$$

De la même façon, montrer que pour le modèle 2 on obtient l'équation :

$$m.\frac{dv}{dt} = m.g(1 - \frac{V_B.\rho_{air}}{m}) - B.\rho_{air}.v^2 \quad (2)$$

3.3. a. Déduire des équations différentielles l'expression littérale de a_0, valeur de l'accélération à la date t = 0, en fonction de m, V_B, g et ρ_{air}.

3.3. b. A partir de l'exploitation du graphe trouver la valeur de l'accélération initiale de a_0.

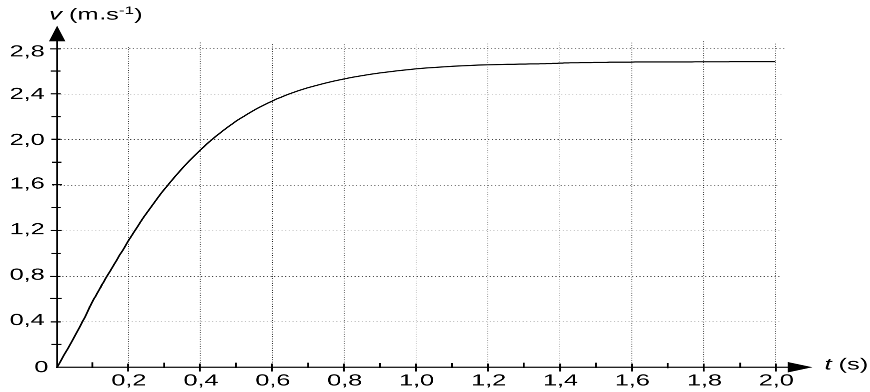
3.3. c. Retrouver cette valeur par un calcul sachant que le volume V_B du système est de l'ordre de 7 L.

3.4. a. Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse limite v_{lim}.

3.4. b. À l'aide de l'équation différentielle, démontrer dans le cas du modèle 1 que l'expression de cette vitesse limite est : $v_{\lim 1} = \dfrac{m.g(1 - \dfrac{V_B.\rho_{air}}{m})}{A.\eta_{air}}$ *.On admet également dans le cas du modèle 2 que :* $v_{\lim 2} = \sqrt{\dfrac{m.g(1 - \dfrac{V_B.\rho_{air}}{m})}{B.\rho_{air}}}$

3.4. c. Calculer la valeur approchée de $v_{lim,1}$ en utilisant les données fournies en début d'énoncé.

3.4. d. Sachant que $v_{lim,2}$ = 2 m.s^{-1}, comparer ces deux vitesses limites avec la valeur v_{lim} trouvée expérimentalement. En déduire lequel des deux modèles est le plus adapté à l'étude réalisée.



Exercice 4 : les transits de Venus.

Le transit d'une planète correspond à son passage entre la Terre et le Soleil. Pour un observateur terrestre cela se manifeste par la présence d'un disque sombre sur le fond brillant du Soleil.

Les transits de Vénus sont des phénomènes extrêmement rares. On compte en effet environ 2 passages de Vénus devant le Soleil par siècle, mais aucun transit n'a eu lieu au cours du 20ème siècle. Au 19ème siècle les passages de la planète devant le disque solaire ont eu lieu en 1874 et en 1882. Au 21ème siècle, le même phénomène s'est reproduit très récemment le 8 juin 2004. Le prochain transit de Vénus aura lieu le 6 juin 2012

La figure 1 est un montage photographique réalisé, en France, par un astronome amateur. On voit sur le même cliché quelques positions de ce transit. À partir de ce cliché et des données astronomiques fournies, l'astronome amateur désire mesurer la vitesse orbitale de Venus

Quelques données astronomiques : G= 6,67x10^{-11} SI.

<u>Soleil</u> : Masse M_1 = 2,0 x 10^{30} kg. Distance moyenne à la Terre r_1 = 1,5 x 10^{8} km Diamètre D_1 = 1,4 x10^{6} km

<u>Vénus :</u> Distance moyenne au Soleil r_2 = 1,0 x 10^{8} km Masse notée M_2.

4.1. Étude des caractéristiques du mouvement de Vénus

Dans tout l'exercice on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie.

L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre d'inertie du Soleil.

4.1.1. Représenter sur un schéma puis exprimer vectoriellement la force exercée par le Soleil sur la planète Vénus.

4.1.2. Montrer que Le mouvement de la planète Vénus autour du soleil est uniforme. Exprimer sa vitesse en fonction de G, M_1 et r_2. Calculer cette vitesse.

4.1.3. Définir et exprimer la période de révolution T_2 de la planète Vénus autour du soleil. Calculer la valeur de cette période (en secondes).

4.1.4. Retrouver la 3ème loi de Kepler. Exprimer littéralement la masse M_1 du Soleil en fonction des données astronomiques nécessaires.

4.2. Exploitation du transit de Vénus

En France le 8 juin 2004, on a pu observer le début du transit de Vénus (appelé 1er contact) à 7 h 20 min et la fin du transit (appelé 3ème contact) à 13 h 04 min heure locale. On prendra pour la durée de ce transit t_{AB} = 2.10^{4}s. La photographie de la Figure 1 est remplacée par le schéma de la figure 2 plus facilement exploitable. On appelle A et B les points à la périphérie du Soleil correspondant au 1er et au 3ème contact. On admet que, sur la Figure 2, le rapport des distances $\dfrac{AB}{OE} = \dfrac{3}{4}$. La planète Vénus se déplace dans l'espace entre la Terre et le Soleil. À chaque instant la position de la Terre, celle de Vénus et celle de la tache repérée sur le disque solaire sont alignées (voir la Figure 3).

4.2.1. Dans un premier temps, l'astronome amateur considère que pendant la durée du transit de Vénus la Terre reste immobile, à la position Q_1 (voir Figure 3), par rapport au Soleil. En considérant que la durée écoulée entre le premier contact et le troisième contact est égale à t_{AB} = 2.10^4s, montrer que la vitesse de Vénus déterminée à partir de la figure 3 est alors voisine de $v_1 \approx 18$ km.s^{-1} (valeur inférieure à la valeur v_2 calculée en 1.2). On assimilera les segments A'B' et AB à deux segments parallèles.

4.2.2. Pour expliquer cette différence entre les deux valeurs calculées l'astronome amateur veut vérifier s'il était légitime de considérer la Terre immobile à la position Q_1 pendant la durée du transit. Sachant que la Terre se déplace sur son orbite à la vitesse de 30 km.s^{-1} calculer la distance Q_1Q_2 parcourue par la Terre sur son orbite pendant la durée t_{AB}. La comparer à la distance AB et montrer qu'on ne peut considérer la Terre immobile durant cette période.

4.2.3. Si durant la durée t_{AB} la Terre se déplace de la position Q_1 à la position Q_2, la planète Vénus se déplace de la position A' à la position B" différente de B'. Montrer que la distance A'B" réellement parcourue par Vénus pendant la durée de l'occultation est supérieure à A'B'.

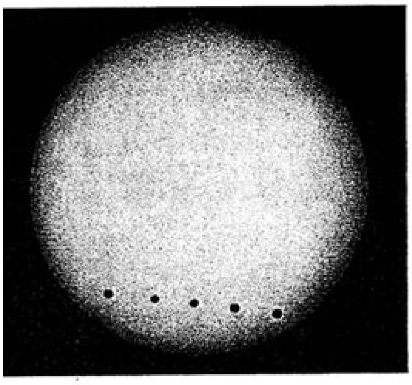


Figure 1

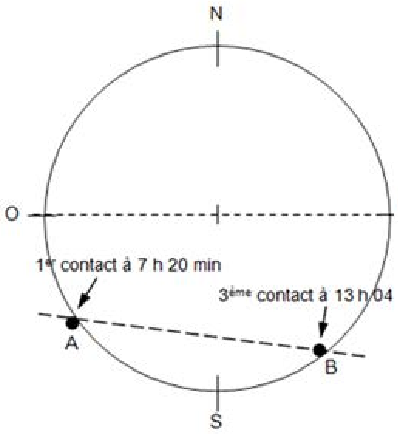


Figure 2

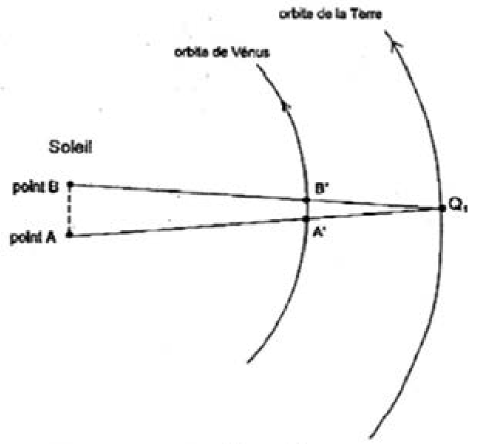


Figure 3

Exercice 5: Les fentes d'Young.

On réalise des interférences lumineuses à l'aide des fentes d'Young. Les fentes F_1 et F_2, sont distantes de a =0,20mm et les interférences sont observées sur un écran situé à la distance D = 1,0 m de ces fentes.
Des filtres permettent d'obtenir des radiations monochromatiques différentes. Pour chaque radiation, on mesure la longueur correspondant à 6 interfranges i

5.1. Définir l'interfrange. Pourquoi mesure-t-on la distance correspondant à 6 interfranges de préférence à celle mesurant un interfrange ?

5.2. On a obtenu les résultats suivants :

λ (µm)	0,47	0,52	0,58	0,61	0,65
couleur					
6i (mm)	14,1	15,6	17,4	18,3	19,5
i (mm)					

5.2. a- Compléter le tableau.

5.2. b- Tracer la courbe représentative de la fonction i = f(λ). Echelles en abscisses : 1 cm ↔ 0,05 µm ; ordonnées : 1 cm ↔ 0,1 mm.

5.2. c. Etablir l'expression de i en fonction de λ, D et a. Est-elle en accord avec la courbe obtenue précédemment ? Quelle serait la valeur de l'interfrange obtenu avec une radiation de longueur d'onde 0,50 µm ?

5.3. On les éclaire les sources F_1 et F_2 grâce à une troisième fente F percée dans un écran E1 derrière lequel est placée une lampe .La longueur d'onde de la lumière émise par la lampe est λ_1, les deux fentes F_1 et F_2 se comportent comme deux sources cohérentes de lumière monochromatique. Les faisceaux de la lumière diffractée par F1 et F2 interfèrent et l'on observe sur l'écran E_2 des franges d'interférence.
Soit y l'ordonnée d'un point M de l'écran E_2 appartenant à la zone d'interférence, y étant comptée à partir d'un point O du centre de E_2.

5.3. a. Quel est le caractère de la lumière ainsi mis en évidence par le phénomène observé ?

5.3. b. On observe sur l'écran E_2 que la distance entre la quatrième frange brillante et la septième frange sombre situées de part et d'autre de la frange centrale brillante est d = 10,29 mm (pour a=0,5 mm et D=1,0m). Quelle est la valeur de la longueur d'onde λ_1 de la lumière émise par la source.

FIN DE L'EPREUVE