

COMPOSITION 1^{ER} SEMESTRE

CLASSES DE TS1/TS3

DUREE : 04 HEURES

EXERCICE 1

2,5 points

Données : masse molaire (en g.mol⁻¹) : H = 1 ; C = 12 ; O = 16 ; masse volumique de l'alcool B : $\rho = 786 \text{ g.L}^{-1}$

La noix de muscade contient divers triglycérides dont la trimyristine qui permet d'obtenir le myristate d'isopropyle. Ce dernier trouve de nombreuses utilisations en cosmétique et entre dans la composition de ce qu'on appelle « l'alcool des parfumeurs », support de dilution très utilisé en parfumerie.

- ✓ La trimyristine est un triglycéride dont on donne la représentation ci-contre :
- ✓ Les trois groupes identiques, notés R, sont de longues chaînes carbonées saturées.
- ✓ Le pourcentage massique en trimyristine dans la poudre de noix de muscade est compris entre 20% et 25%.
- ✓ La composition centésimale massique de la trimyristine est la suivante :
carbone : 74,69 ; hydrogène : 11,89 ; oxygène : 13,42.

Sa densité par rapport à l'air est $d = 24,93$

1.1. Extraction de la trimyristine à partir de la noix de muscade

À partir d'une masse $m_0 = 20 \text{ g}$ de muscade on a pu extraire par un protocole expérimental approprié une masse $m_T = 4,75 \text{ g}$ de trimyristine.

1.1.1. Cette masse de trimyristine est-elle en accord avec les données ? Justifier.

1.1.2. Donner la formule semi-développée du glycérol ou propane-1,2,3-triol.

1.2. Obtention de l'acide myristique

La totalité de la trimyristine extraite précédemment est utilisée pour synthétiser l'acide myristique.

1.2.1. Pour effectuer cette synthèse, on fait tout d'abord réagir la trimyristine avec un excès d'ions hydroxyde (OH^-) ; il se forme l'ion myristate (ion carboxylate de l'acide myristique) et le glycérol.

a- À partir des données, déterminer la formule brute de la trimyristine, en déduire la formule brute de R.

b- Écrire l'équation-bilan de la réaction entre la trimyristine et l'ion hydroxyde.

1.2.2. On fait ensuite réagir la totalité des ions myristate avec des ions hydronium H_3O^+ apportés par de l'acide chlorhydrique. À la fin de la synthèse et après séchage, on obtient une masse $m = 3,42 \text{ g}$ d'acide myristique.

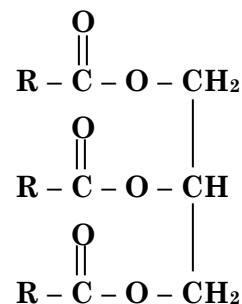
Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'ion myristate et l'ion hydronium, sachant ces deux ions réagissent mole à mole. Déterminer le rendement de cette synthèse de l'acide myristique à partir de la trimyristine.

1.3. Obtention du myristate d'isopropyle

Pour obtenir le myristate d'isopropyle, on fait réagir la totalité de l'acide myristique obtenu avec un volume V d'un alcool B.

1.3.1. Donner la formule semi développée de l'alcool B et écrire l'équation de sa réaction avec l'acide myristique.

1.3.2. Déterminer la valeur du volume V pour que le mélange initial de l'acide myristique et de l'alcool B soit équimolaire. Déterminer alors la masse de myristate d'isopropyle obtenu.

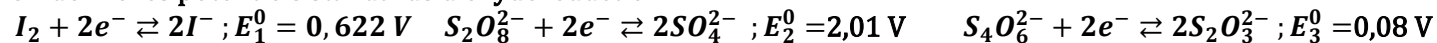


EXERCICE 2

3,5 points

La constante de vitesse, k, est une constante de proportionnalité qui indique la relation entre les concentrations molaires des réactifs et la vitesse d'une réaction chimique. Les unités de la constante de vitesse dépendent de l'ordre de réaction.

On donne les potentiels standards d'oxydoréduction :



On se propose de déterminer la constante k de vitesse de la réaction de l'ion iodure I^- avec l'ion peroxodisulfate $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$. Pour cela on prépare :

✓ une solution S_A en versant 20 mL d'une solution d'iodure de potassium ($\text{K}^+ + \text{I}^-$) de concentration $\frac{25}{30} \text{ mol.L}^{-1}$ dans une fiole jaugée de 250 mL puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

✓ une solution S_B en versant 20 mL d'une solution peroxodisulfate de sodium ($2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) de concentration molaire $\frac{25}{60} \text{ mol.L}^{-1}$ dans une fiole jaugée de 250 mL puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

À l'instant $t = 0$, on mélange les deux solutions S_A et S_B pour obtenir un mélange de volume 500 mL.

La concentration molaire volumique à chaque instant en ion peroxodisulfate $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ dans le mélange sera notée C_p . Toutes les 5 minutes, on prélève un volume $V_0 = 20 \text{ mL}$ de ce mélange, on rajoute approximativement 100 mL d'eau glacée puis on dose le diiode dans le mélange par une solution de thiosulfate de sodium ($2\text{N}_a^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) de

concentration molaire $C_1 = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume de solution de thiosulfate de sodium versé pour atteindre l'équivalence dans chaque prélèvement est noté V_1 . Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

t(min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$V_1(\text{mL})$	0	1,5	2,6	3,7	4,5	6,0	6,8	7,8	8,8	9,7	10,5	11,4	12,4	13,2	13,7
$C_P(\text{mol.L}^{-1})$															
$\frac{1}{C_P} \text{ en } \text{L. mol}^{-1}$															

2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction des ions iodure avec les ions peroxodisulfate.

2.2. Pourquoi rajoute-t-on environ 100 mL d'eau glacée après chaque prélèvement ?

2.3. Trouver les concentrations molaires initiales $[I^-]_0 = C_{01}$ de l'ion iodure et $[S_2O_8^{2-}]_0 = C_{02}$ de l'ion peroxodisulfate dans le mélange à l'instant $t=0$. Les résultats seront donnés sous forme de fraction irréductibles.

2.4. Montrer que les concentrations molaires de l'ion peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ notée C_P et celle de l'ion iodure I^- dans le mélange sont liées à chaque instant par la relation $[I^-] = 2C_P$

2.5. La réaction est d'ordre partiel 1 par rapport à I^- et aussi d'ordre partiel 1 par rapport à $S_2O_8^{2-}$; c'est à dire que la vitesse volumique de la réaction vérifie la loi : $v = k[I^-][S_2O_8^{2-}]$.

Définir la vitesse volumique de disparition de l'ion peroxodisulfate puis montrer que : $\frac{1}{C_P} = a.t + b$.

Les constantes a et b seront exprimées en fonctions de k ou C_{02} .

2.6. Ecrire l'équation-bilan support du dosage du diiode par l'ion thiosulfate.

2.7. Montrer que la concentration C_P est liée au volume V_1 (exprimé en mL) de thiosulfate de sodium versé pour doser le diiode par la relation : $C_P = \frac{1}{60} - 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot V_1$

2.8. Reproduire le tableau sur votre copie et le compléter.

2.9. Tracer alors la courbe $\frac{1}{C_P} = f(t)$. En déduire la constante de vitesse k. On exprimera cette constante de vitesse avec les unités de concentration (mol.L^{-1}) et l'unité de temps (la seconde).

EXERCICE 3

4 points

Nous étudions le mouvement de chute de deux corps (A) et (B) dans le repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen. Le point O est situé au niveau du sol (figure 1). On néglige la poussée d'Archimède devant les autres forces et on prend l'intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

3.1-Etude de la chute d'un corps avec frottement :

A un instant choisi comme origine des dates $t = 0$, on lâche sans vitesse initiale d'un point H, un corps solide (A) de masse $m_A = 0,5 \text{ kg}$ et de centre d'inertie G_A (figure 1). En plus de son poids, le solide (A) est soumis à une force de frottement fluide $\vec{f} = -k \vec{V}_A$ où $\vec{V}_A$ est le vecteur vitesse de G_A à un instant t et k une constante positive.

3.1.1- Montrer que l'équation différentielle du mouvement vérifiée par la composante $V_{AY}(t)$ suivant l'axe (Oy) du vecteur vitesse $\vec{V}_A(t)$ s'écrit :

$$\frac{dV_{AY}}{dt} + \frac{1}{\tau} V_{AY} + g = 0 \text{ où } \tau \text{ représente la constante de temps caractéristique du mouvement.}$$

3.1.2- La courbe de la figure 2 représente l'évolution de $V_{AY}(t)$ au cours du temps. Déterminer τ et en déduire la valeur de k.

3.2-Etude du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur :

A l'instant où le centre d'inertie G_A du corps (A) passe par le point F d'altitude $h_F = 18,5 \text{ m}$ par rapport au sol, on lance un projectile (B), de masse m, et de centre d'inertie G_B , d'un point P de coordonnées ($x_P=0$; $y_P=h_P$) avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ faisant un angle α , ($0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \text{ rad}$) avec l'horizontale (figure 1). On choisit cet instant comme nouvelle origine des dates ($t = 0$) pour le mouvement de (A) et celui de (B).

On néglige les frottements pour le projectile (B), on donne : $h_P = 1,8 \text{ m}$; $V_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$.

3.2.1- Etablir les équations horaires $x_B(t)$ et $y_B(t)$ du mouvement de (B) en fonction de α , V_0 , g, h, et t.

3.2.2- Exprimer les coordonnées du point S, sommet de la trajectoire de (B), en fonction α , V_0 , g, h_P .

3.3- Les deux corps (A) et (B) se rencontrent au point S (on considère que G_A coïncide avec G_B en S).

3.3.1- Sachant que le corps (A) passe par F avec sa vitesse limite à la date $t = 0$, établir l'équation horaire $y_A(t)$ du mouvement de (A).

3.3.2- Déterminer la valeur de l'angle α pour que les deux corps (A) et (B) se rencontrent au point S.

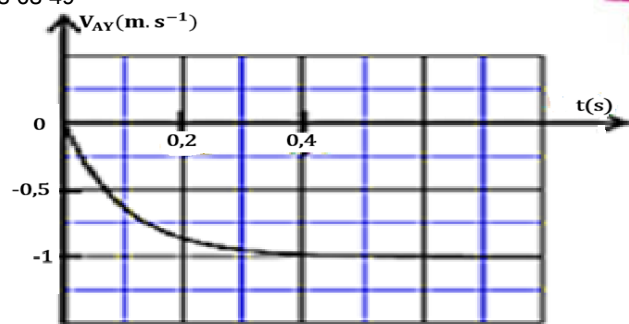
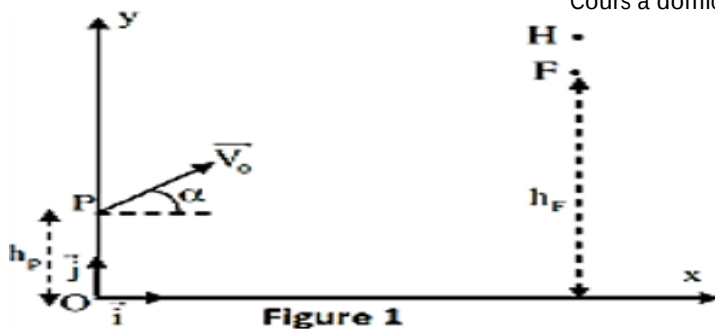


FIGURE 2

EXERCICE 4

4 POINTS

Données : Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ S.I.

Rayon de l'orbite de Titan $r = 1,22 \times 10^6$ km. Rayon de la planète Saturne $R = 6,0 \times 10^4$ km.

Période de rotation de Saturne sur elle-même $T_s = 10$ h 39 min. Masse de Saturne $M_s = 5,69 \times 10^{26}$ kg.

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens a photographié Titan de masse m , le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance r du centre de Saturne.

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, supposé galiléen

On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

4.1. Donner les caractéristiques de la force de gravitation $\vec{F}_{\text{exercée}}$ par Saturne sur le satellite Titan. On donnera l'expression de son intensité. Faire un schéma.

4.2. Donner l'expression de l'intensité du champ de gravitation $\vec{g}$ créé par Saturne au point où se trouve Titan en fonction de G , M_s et r . Représenter le vecteur champ de gravitation $\vec{g}$ sur le schéma précédent.

4.3. Montrer qu'au voisinage de Saturne, à l'altitude h ($h \ll R$) que le champ de gravitation crée par Saturne peut se mettre sous la forme : $\vec{g} = \vec{g}_0 - \frac{2hg_0}{R}$ avec g_0 intensité du champ de pesanteur créée par Saturne sur sa surface.

4.4. Déterminer la nature du mouvement de Titan dans le référentiel d'étude.

4.5. Montrer que l'angle de rotation de Saturne pendant une révolution de Titan peut s'écrire sous la forme :

$$\Delta\theta = \frac{4\pi^2}{T_s} \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M_s}}$$

4.6. Pourquoi dit-on qu'un tel satellite est un satellite à défilement ?

4.7. Titan se déplaçant dans le même sens que Saturne. Etablir l'expression de l'intervalle de temps Δt qui sépare deux passages successifs de Titan à la verticale d'un point donné de l'équateur de Saturne en fonction de T_s et T_T la période de rotation de Titan autour de Saturne.

4.8. Quelles sont les conditions que Titan devrait satisfaire pour être un satellite saturnostationnaire de Saturne. Calculer dans ce cas son altitude h_G .

4.9. Etablir les expressions de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique du système Saturne-Titan ainsi que celle de l'énergie cinétique du satellite en fonction de m , r , R et g_0 . On choisira la surface de Saturne comme état de référence pour l'énergie potentielle.

4.10. Montrer que la variation d'énergie mécanique ΔE du satellite Titan est liée à la variation Δh de son altitude par la relation $\Delta E = A \cdot \Delta h$. Exprimer A en fonction de m , r et T_T .

EXERCICE 5

6 points

Certains phénomènes physiques sont mieux expliqués par le modèle ondulatoire qui postule que la lumière se propage sous forme d'ondes électromagnétiques. En revanche l'effet photoélectrique et d'autres interactions avec la matière montrent que la lumière peut également agir comme un corpuscule transportant une quantité d'énergie appelée quantum. Cette dualité est fondamentale pour comprendre le comportement de la lumière dans divers contextes scientifiques.

On réalise l'expérience représentée par la figure (3) ci-contre :

F est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . F_1 et F_2 sont deux trous circulaires de diamètre sensiblement égal à λ percé sur l'écran opaque E_1 . On place un écran E d'observation fixe, parallèle à E_1 et situé à la distance D de celui-ci. Les trous F_1 et F_2 sont à égale distance de F .

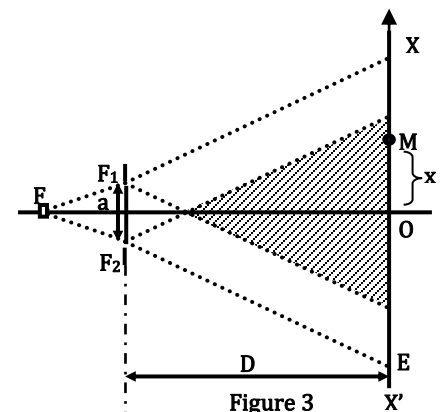


Figure 3

On désigne par a la distance entre les trous F_1 et F_2 soit $F_1F_2 = a$. Les traits en pointillés représentent les limites faisceaux lumineux issus de F_1 et F_2 .

5.1.1 Décrire qualitativement (sans calculs) ce qu'on observe sur l'écran dans la zone hachurée. Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence par cette expérience ?

5.1.2 A partir de cette expérience, justifier la nature ondulatoire de la lumière.

5.1.3 Lorsque la fente source F est éclairée par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ ; on admettra que les sources secondaires F_1 et F_2 émettent respectivement des vibrations telles que : $S_1 = S_2 = A \cos(\omega t)$.

Selon le principe de superposition, la vibration résultante en M est donnée par : $S(M) = S_1(M) + S_2(M)$.

a- Montrer que la vibration résultante en M est donnée par :

$$S(M) = 2 \cdot A \cdot \cos\left[\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right] \cdot \cos\left[\omega t - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda}\right] \quad d_1 = F_1M; \quad d_2 = F_2M$$

b- On appelle δ la différence de marche au point M des vibrations issues de F_1 et F_2 et x l'abscisse du point M sur un axe vertical $X'X$ pris sur l'écran E (figure 5).

- Etablir l'expression de δ en fonction de D , x et a ; on fera les approximations nécessaires.

- En déduire les expressions des abscisses, sur l'écran E , des franges brillantes et celles des franges obscures.

- Rappeler la définition de l'interfrange puis établir son expression en fonction de λ , D et a .

5.1.4 On utilise maintenant une source de lumière blanche qui émet toutes les radiations visibles. Quelles seront les radiations éteintes à la distance x_1 du centre de l'écran ?

Données : $D = 3,0 \text{ m}$; $a = 1 \text{ mm}$; $x_1 = 3,0 \text{ cm}$; $\lambda_1 = 7,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$; $\lambda_2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

On rappelle les longueurs d'onde du spectre visible : $(400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm})$

5.2. L'effet photoélectrique externe est le phénomène d'émission d'électrons par un métal éclairé par une radiation lumineuse de fréquence convenable. Il résulte d'une interaction des photons constituant la radiation avec les électrons du métal. Lorsqu'un photon incident « efficace » entre en collision avec un électron lié (des couches K, L...) de l'atome, il disparaît totalement.

Une cathode au césium est éclairée successivement par des radiations de longueur d'onde 589 nm et 6160 nm .

L'énergie cinétique des électrons extraits vaut respectivement $0,295 \text{ eV}$ et $0,202 \text{ eV}$.

5.2.1 Trouver la valeur de la longueur d'onde seuil photoélectrique du césium λ_0 .

5.2.2 Quelle valeur de la constante de Planck peut-on en déduire ?

Vitesse de la lumière : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; charge de l'électron : $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

5.3. L'effet photoélectrique interne est le phénomène de transition des niveaux moins excités aux niveaux les plus excités des particules (atomes, molécules, ions) sous l'action d'une radiation convenable. La spectroscopie, dont l'objet est l'étude et l'interprétation des spectres d'émission et d'absorption, a permis des progrès considérables dans la connaissance de l'infiniment petit (structure de l'atome) et de l'infiniment grand (les astres et les étoiles). La figure ci-après représente le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium (sur ce schéma l'échelle des énergies n'est pas respectée).

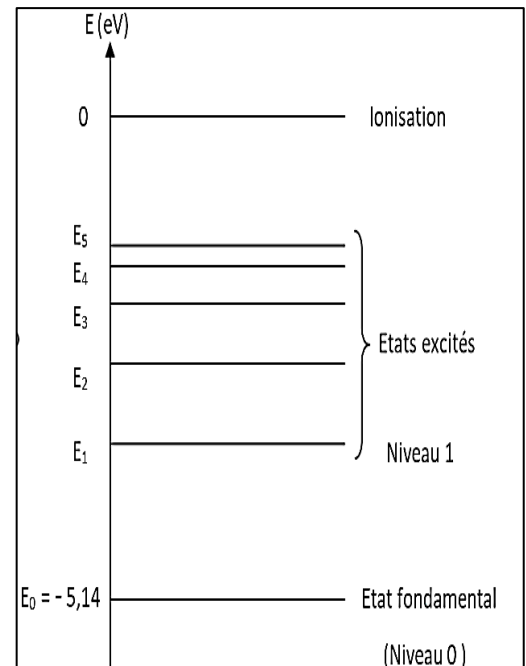
5.3.1 A partir du tableau ci-après donnant la longueur d'onde de la raie émise lors d'une transition entre deux niveaux, calculer l'énergie des différents niveaux. Le résultat sera donné à chaque fois avec deux chiffres après la virgule.

Niveau excité	4	5	1	3	2
Niveau de désexcitation	0	1	0	1	1
Longueur d'onde de la raie émise (en nm)	330,3	568,8	589,3	815,9	1138,2

5.3.2 Un photon d'énergie $3,00 \text{ eV}$ arrive sur un atome de sodium au repos dans l'état fondamental. Est-il absorbé ? Pourquoi ?

5.3.3 Montrer que si un atome de sodium est excité dans son premier niveau E_1 , il suffit d'un photon d'énergie supérieure à $3,03 \text{ eV}$ pour l'ioniser.

Constante de Planck : prendre $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$



FIN DE LA COMPOSITION