BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

_____

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

_____

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

_____

obligatoire

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci et l'annexe.

La page d'annexe (page 11) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE même si elle n'a pas été complétée.

Le candidat doit traiter les trois exercices dans l'ordre qu'il souhaite, ceux-ci étant indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. PILES ET APPAREILS NOMADES (6,5 points)

L'utilisation d'appareils nomades (baladeurs, téléphones, ordinateurs portable...) a fait considérablement augmenter les besoins en sources d'énergie mobiles, notamment en piles électriques.
L'exercice étudie le principe d'une pile à hydrogène, puis un prototype de pile miniature et enfin le principe de l'horloge d'un appareil nomade alimenté par une pile.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

1. Principe d'une pile à hydrogène

La pile à hydrogène présente des avantages importants en termes d'environnement (rejets non polluants au cours de son utilisation et absence de nuisance sonore). Elle est constituée de deux électrodes à la surface desquelles ont lieu les réactions chimiques d'oxydoréduction et d'un électrolyte dans lequel se déplacent les ions (voir figure 1).

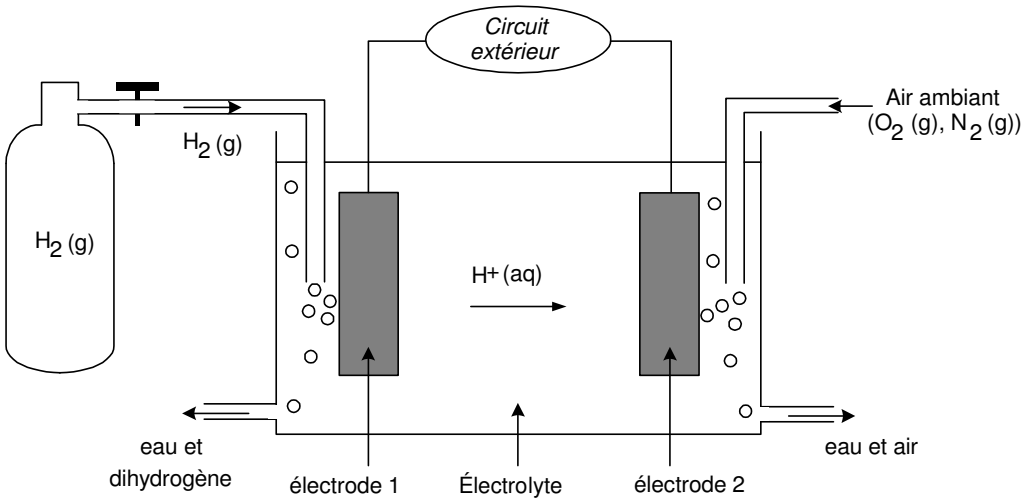


Figure 1

Au niveau de l'électrode 1, les molécules de dihydrogène H_2 , provenant d'un réservoir, sont oxydées en ions H^+, qui se déplacent dans la solution électrolytique.
Au niveau de l'électrode 2, des électrons, des ions hydrogène H^+ de l'électrolyte et des molécules de dioxygène O_2 , provenant de l'air ambiant, se combinent pour donner de l'eau.

Données :
couples oxydant/réducteur : H^+ (aq)/H_2 (g) et O_2 (g)/H_2O (ℓ)
Volume molaire d'un gaz V_m dans les conditions d'utilisation de cette pile : V_m = 24 L.mol^{-1}

1.1. Écrire la demi-équation électronique qui correspond à l'oxydation du dihydrogène.

1.2. Préciser le sens de circulation du courant électrique dans le circuit extérieur.

1.3. *Dans la suite de la partie 1, on écrira l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique qui a lieu au sein de la pile lors de son fonctionnement : $O_2(g) + 2\ H_2(g) = 2\ H_2O(\ell)$.*
Expliquer pourquoi le dihydrogène est le réactif limitant.

1.4. *On note $n_i(H_2)$ la quantité initiale de dihydrogène.*
En exploitant la demi-équation de la question 1.1, donner l'expression de la quantité d'électrons échangés $n(e^-)$ en fonction de $n_i(H_2)$.

1.5. *On note I l'intensité moyenne du courant électrique au cours du fonctionnement de la pile. On suppose que la pile s'arrête de fonctionner lorsque le réactif limitant est épuisé au bout d'une durée notée Δt.*
Déterminer l'expression littérale de la quantité de matière $n_i(H_2)$ du réactif limitant en fonction de l'intensité *I,* de la durée Δt, de la constante d'Avogadro N_A et de la charge élémentaire *e.*

1.6. Réservoir de stockage

Pour une durée de fonctionnement de 200 h et pour une intensité moyenne du courant électrique débité par la pile égale à 200 A, la quantité de matière du réactif limitant est $n_i(H_2) = 7{,}5 \times 10^2$ *mol.*

1.6.1. Calculer le volume $V(H_2)$ du réservoir de stockage nécessaire dans les conditions usuelles de température et de pression.

Aide au calcul		
$\frac{7,5}{2,4} \approx 3,1$	$\frac{2,4}{7,5} \approx 3,2 \times 10^{-1}$	$2,4 \times 7,5 \approx 1,8 \times 10^{1}$

1.6.2. Au regard de ce résultat, quel inconvénient peut présenter l'utilisation de la pile à hydrogène dans les conditions usuelles de pression et de température ?

2. Prototype de pile miniature

Des scientifiques de l'université Cornell (USA) ont conçu un prototype de pile miniature constituée de deux lamelles superposées, légèrement espacées : celle du dessous est initialement composée de nickel 63 (^{63}Ni*), un matériau radioactif qui émet des électrons ; celle du dessus est en cuivre. Lorsque des électrons qui s'échappent du nickel atteignent la lamelle de cuivre, elle se charge négativement. Attirée par la lamelle de dessous, dont la charge devient positive, elle se plie, se décharge par contact et revient à l'état initial. L'énergie mécanique de ce mouvement est transformée en énergie électrique à l'aide d'un système piézo-électrique qui génère de l'électricité quand il est déformé. Si le rendement électrique d'un tel dispositif est faible, son encombrement est particulièrement réduit (les scientifiques espèrent parvenir à construire une pile de 1* cm^3*) et sa durée de fonctionnement devrait dépasser plusieurs dizaines d'années.*

D'après un extrait de «Ordinateur individuel »

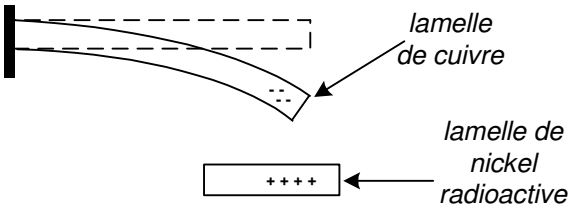


Figure 2

Extrait de la classification périodique :

$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$

2.1. Quel est le type de transformation radioactive du nickel 63 évoqué dans le texte ?

2.2. Compléter l'équation de désintégration radioactive du nickel 63 ci-dessous en précisant la nature (symbole, nombre de nucléons et nombre de charges) du noyau formé.

$$^{63}_{28}Ni \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e^{-}$$

2.3. *On note N(t) le nombre de noyaux radioactifs de nickel présents dans la pile à l'instant t et* N_0 *le nombre de ces noyaux présents à un instant* $t_0 = 0$ *pris comme origine des dates.*
La constante radioactive du nickel 63 vaut $\lambda = 6{,}9 \times 10^{-3}\ an^{-1}$.

2.3.1. Rappeler la loi de décroissance radioactive $N(t)$ en fonction N_0 et λ.

2.3.2. Donner la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'une source radioactive.

2.3.3. Montrer que $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

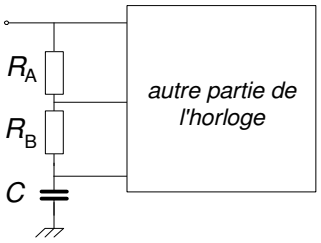
2.3.4. Calculer $t_{1/2}$.

Aide au calcul : $\ln 2 \approx 6{,}9 \times 10^{-1}$

2.3.5. Ce résultat est-il en accord avec la durée de fonctionnement de la pile indiquée dans le document ?

3. Principe de l'horloge d'un appareil nomade

Tous les appareils nomades ont besoin d'une horloge (alimentée par une pile). Dans ce paragraphe on va étudier l'évolution temporelle d'un circuit (R,C) qui fait partie de l'horloge.



Dans un premier temps le condensateur, initialement déchargé, de capacité C est chargé à travers les conducteurs ohmiques de résistances R_A et R_B. On note E la tension aux bornes du générateur. Lors de cette étape, on considère que les conducteurs ohmiques et le condensateur de capacité C = 22 µF sont branchés en série. Le circuit équivaut alors à celui qui est schématisé figure 3 avec $R = R_A + R_B = 66\ k\Omega$.

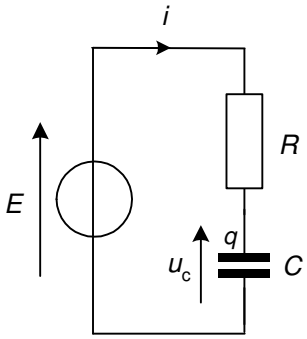


Figure 3

3.1. Donner la relation qui lie l'intensité instantanée *i(t)* du courant électrique qui circule dans le dipôle (R,C) à la charge instantanée *q(t)* de l'armature du condensateur notée sur la figure 3, puis à la tension $u_C(t)$.

3.2. Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa charge.

3.3. *Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une valeur de référence $U_{max} = \frac{2}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état électrique et fait décharger le condensateur à travers le seul conducteur ohmique de résistance $R_B = 33\ k\Omega$. Le circuit équivaut alors à celui qui est représenté figure 4.*

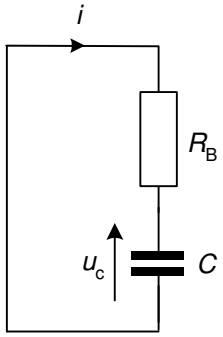


Figure 4

Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa décharge dans le conducteur ohmique de résistance R_B.

3.4. *Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une autre valeur de référence $U_{min} = \frac{1}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état et impose un nouveau cycle de charge du condensateur puis de décharge, etc. La durée de charge du condensateur, entre U_{min} et U_{max}, est notée T_1 et celle de la décharge, jusqu'à U_{min}, notée T_2.*
Sachant que les durées de charge et de décharge sont proportionnelles aux constantes de temps du circuit, expliquer, sans calcul, pourquoi la valeur de T_1 est supérieure à celle de T_2.

3.5. Compléter, sur **LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, l'allure générale de l'évolution au cours du temps de la tension $u_C(t)$ lors des différentes phases de charge et de décharge.

EXERCICE II. LANCEMENT D'UN SATELLITE MÉTÉOROLOGIQUE (5,5 points)

Le centre spatial de Kourou a lancé le 21 décembre 2005, avec une fusée Ariane 5, un satellite de météorologie de seconde génération baptisé MSG-2. Tout comme ses prédécesseurs, il est placé sur une orbite géostationnaire à 36000 km d'altitude. Opérationnel depuis juillet 2006, il porte maintenant le nom de Météosat 9.
Les satellites de seconde génération sont actuellement les plus performants au monde dans le domaine de l'imagerie météorologique. Ils assureront jusqu'en 2018 la fourniture de données météorologiques, climatiques et environnementales.

D'après plusieurs sites Internet.

L'objectif de cet exercice est d'étudier plusieurs étapes de la mise en orbite de ce satellite.
Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.
Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

Partie 1. Décollage de la fusée Ariane 5

Pour ce lancement, la fusée Ariane 5 a une masse totale M. Sa propulsion est assurée par un ensemble de dispositifs fournissant une force de poussée verticale constante $\vec{F}$. Tout au long du décollage, on admet que la valeur du champ de pesanteur g est également constante. On étudie le mouvement du système { fusée } dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère $(O, \vec{j})$ dans lequel $\vec{j}$ est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe Oy.
À l'instant $t_0 = 0$ s, Ariane 5 est immobile et son centre d'inertie G est confondu avec l'origine O.
On utilise les notations :

a valeur de l'accélération du centre d'inertie de la fusée, avec $\vec{a} = a_y \vec{j} = a\vec{j}$

v valeur de la vitesse de son centre d'inertie, avec $\vec{v} = v_y \vec{j} = v\vec{j}$

y valeur de la position de son centre d'inertie, avec $\overrightarrow{OG} = y\vec{j}$

Données :
Masse totale de la fusée $M = 7{,}3 \times 10^5$ kg
Force de poussée $F = 1{,}16 \times 10^7$ N
Intensité de pesanteur $g = 10$ m.s^{-2}

1.1. Cas idéal

Dans ce cas, on supposera que seuls le poids $\vec{P}$ et la force de poussée $\vec{F}$ agissent sur la fusée. Pendant la durée de fonctionnement, on admettra que la masse de la fusée reste constante.

1.1.1. Sans faire de calcul, représenter ces forces sur un schéma pendant le décollage.

1.1.2. En appliquant une loi de Newton au système { fusée }, trouver l'expression littérale de la valeur *a* de l'accélération dès que la fusée a quitté le sol.

1.1.3. Calculer la valeur de cette accélération *a*.

1.1.4. *Pendant le lancement, on suppose que la valeur de l'accélération reste constante.*
Déterminer l'équation horaire de la valeur *v(t)* de la vitesse.

1.1.5. En déduire l'équation horaire de la valeur *y(t)* de la position.

1.1.6. *La trajectoire ascensionnelle de la fusée reste verticale jusqu'à la date $t_1 = 6{,}0$ s.*
Quelle distance la fusée a-t-elle parcourue depuis son décollage ?

Aide au calcul	
$1{,}16 \times 7{,}3 \approx 8{,}5$	
$\frac{1{,}16}{7{,}3} \approx 1{,}6 \times 10^{-1}$	$\frac{7{,}3}{1{,}16} \approx 6{,}3$

1.2. Cas réel

Au cours de ce lancement, Ariane 5 a en fait parcouru un peu moins de 90 m pendant les 6 premières secondes.

Citer un phénomène permettant d'interpréter cette donnée.

Dans la suite de l'exercice, on suppose que la Terre est une sphère de centre T, de masse M_T , de rayon R_T et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique. On assimile par ailleurs le satellite à son centre d'inertie S. L'étude de son mouvement se fait dans un référentiel géocentrique supposé galiléen.

Données :
Masse de la Terre : $M_T = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg
Rayon de la Terre : $R_T = 6{,}4 \times 10^{3}$ km
Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ $kg^{-1} . m^3 . s^{-2}$

Partie 2. Mise en orbite basse du satellite

La mise en orbite complète du satellite MSG-2 de masse $m = 2{,}0 \times 10^{3}$ kg s'accomplit en deux étapes. Dans un premier temps, il est placé sur une orbite circulaire à vitesse constante v_S à basse altitude $h = 6{,}0 \times 10^{2}$ km autour de la Terre et il n'est soumis qu'à la force gravitationnelle exercée par la Terre.

On choisit un repère (S, $\vec{t}$, $\vec{n}$) dans lequel $\vec{t}$ est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire orienté vers le centre de la Terre.

2.1. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\overrightarrow{F_{T/S}}$ exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données.

2.2. En appliquant une loi de Newton, trouver l'expression du vecteur accélération $\overrightarrow{a_S}$ du centre d'inertie du satellite.

2.3. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date *t* quelconque, la Terre, le satellite, le repère (S, $\vec{t}$, $\vec{n}$) ainsi que le vecteur accélération $\vec{a}_S$.

2.4. Déterminer l'expression de la vitesse v_S du centre d'inertie du satellite. Vérifier que sa valeur est de l'ordre de $7{,}6 \times 10^{3}$ $m.s^{-1}$ sur son orbite basse.

Aide au calcul			
$1{,}24 \times 6{,}1 \approx 7{,}6$	$6{,}67 \times 6{,}0 \approx 4{,}0 \times 10^{1}$	$\sqrt{\frac{6{,}0}{4{,}0}} \approx 1{,}2$	$\sqrt{\frac{4{,}0}{7{,}0}} \approx 7{,}6 \times 10^{-1}$

2.5. *On note T le temps mis par le satellite pour faire un tour autour de la Terre.*

Comment appelle t-on cette grandeur ? Montrer qu'elle vérifie la relation $T^2 = \frac{4\pi^2 (R_T + h)^3}{G.M_T}$.

Partie 3. Transfert du satellite en orbite géostationnaire

Une fois le satellite MSG-2 placé sur son orbite circulaire basse, on le fait passer sur une orbite géostationnaire à l'altitude $h' = 3{,}6 \times 10^{4}$ km. Ce transit s'opère sur une orbite de transfert qui est elliptique. Le schéma de principe est représenté sur la figure 6 page 7.

Le périgée P est sur l'orbite circulaire basse et l'apogée A est sur l'orbite définitive géostationnaire.
À un moment convenu, lorsque le satellite est au point P de son orbite circulaire basse, on augmente sa vitesse de façon bien précise : il décrit ainsi une orbite elliptique de transfert afin que l'apogée A de l'ellipse soit sur l'orbite géostationnaire définitive. On utilise pour cela un petit réacteur qui émet en P, pendant un très court instant, un jet de gaz donnant au satellite l'impulsion nécessaire.

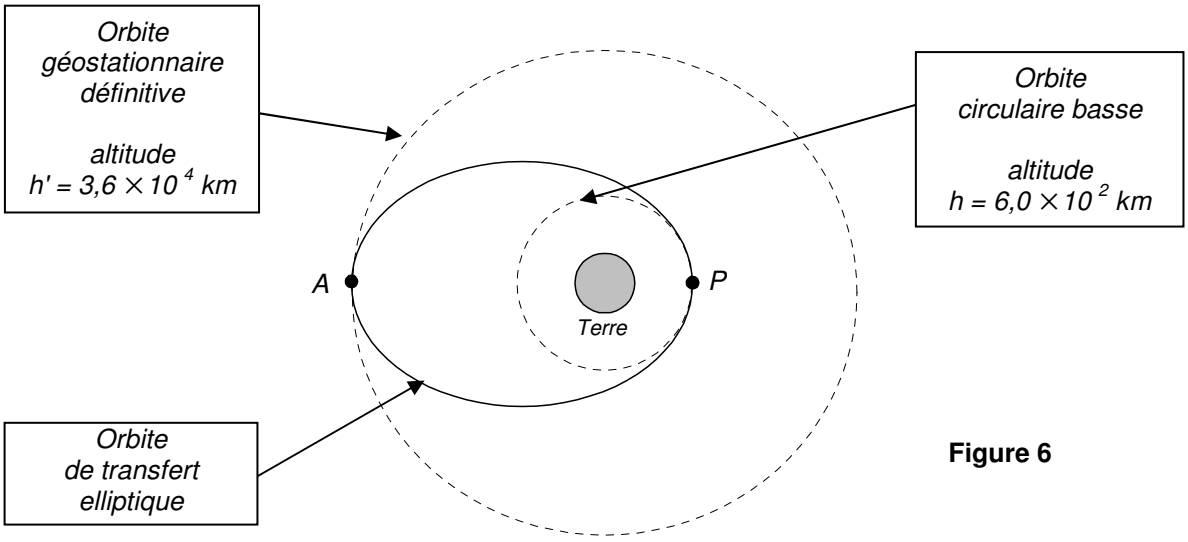


Figure 6

3.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou "loi des aires".

3.2. Montrer, en s'aidant éventuellement d'un schéma, que la vitesse du satellite MSG-2 n'est pas constante sur son orbite de transfert. Préciser en quels points de son orbite de transfert sa vitesse est :

- maximale ;
- minimale.

3.3. Exprimer la distance AP en fonction de R_T, h et h'. Montrer que $AP = 4{,}9 \times 10^7$ m.

3.4. *Dans le cas de cette orbite elliptique, la durée de révolution pour faire un tour complet de l'orbite vaut T' = 10h 42min.*

Déterminer la durée minimale Δt du transfert du satellite MSG-2 du point P de son orbite basse au point A de son orbite géostationnaire définitive.

3.5. *Le satellite étant arrivé au point A, on augmente à nouveau sa vitesse pour qu'il décrive ensuite son orbite géostationnaire définitive. Le lancement complet du satellite est alors achevé et le processus permettant de le rendre opérationnel peut débuter.*

Expliquer pourquoi il est judicieux de lancer les satellites géostationnaires d'un lieu proche de l'équateur comme Kourou en Guyane.

EXERCICE III. HISTOIRE DE SAVONS (4 points)

Les premiers savons ont été réalisés au Proche-Orient 2 500 à 3 000 ans avant notre ère. Selon Claude Galien, médecin grec du II ème siècle, le meilleur savon s'obtient en traitant la graisse de mouton, de bœuf ou de chèvre par une lessive de cendres et de chaux(1). Au cours du premier millénaire, le savon reste généralement employé comme remède dans les maladies de peau. La fabrication du savon, par ébullition d'un corps gras et d'une base, ne se développera qu'au XV ème siècle ; le mélange initial est alors une composition faite d'huile d'olive brute, de lessives tirées de cendres ou de plantes marines et d'eau de chaux.
Le savon tire son nom du premier centre de fabrication : Savona, port ligure ouvert sur le golfe de Gênes.
En 1779, William Scheele identifie le glycérol, alors qu'il saponifiait divers corps gras. À partir de 1809, Eugène Chevreul entreprend une étude approfondie des corps gras ; il identifie les principales matières grasses et interprète la saponification comme une réaction chimique. La formule brute du glycérol est établie en 1836 par Jules Pelouze ; en 1859, Adolphe Wurtz découvre « la série des glycols » (diols) et en 1873, Charles Friedel fait la synthèse du glycérol.
La révolution industrielle développe les besoins en savon, qui cesse d'être un produit de luxe et devient un produit de première nécessité.

D'après un site Internet

(1) Le texte utilise l'expression « lessive de cendres et de chaux » pour nommer une solution aqueuse contenant de l' hydroxyde de potassium et de calcium.

L'objectif de l' exercice est d'étudier différentes étapes de la fabrication d'un savon au laboratoire et quelques propriétés des savons.

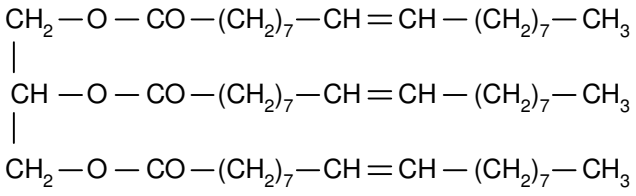
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

Données :

Réactif	*Oléate de glycéryle*	*Hydroxyde de potassium (potasse)*	*Savon*
Solubilité dans l'eau	*insoluble*	*soluble*	*soluble*
Solubilité dans l'éthanol	*soluble*	*soluble*	
Solubilité dans l'eau salée	*insoluble*	*soluble*	*peu soluble*
Masse molaire moléculaire ($g.mol^{-1}$)	$M_{Olé} = 884$	$M_{Pot} = 56$	$M_{Sav} = 320$

1. Fabrication du savon

Le principal constituant de la graisse de bœuf *est l'oléate de glycéryle (ou oléine).*
On réalise la saponification par une solution d'hydroxyde de potassium ($K^+ + HO^-$) d'une huile que l'on considèrera comme constituée exclusivement d'oléine, de formule semi-développée :

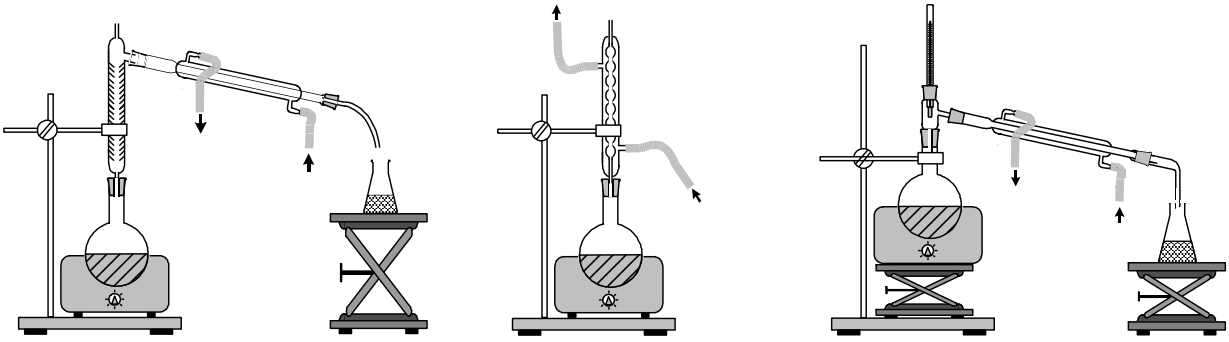


Dans cet exercice, on appelle indifféremment savon, l'oléate de sodium ou de potassium, solide ou en solution.

1.1. Quelle(s) caractéristique(s) différencie(nt) les réactions de saponification (ou hydrolyse basique) et d'hydrolyse d'un ester en termes de cinétique et d'avancement final ?

1.2. Première partie : synthèse du savon

1.2.1. Choisir parmi les 3 montages proposés à la figure 7, celui à utiliser pour réaliser une saponification



Montage (a) Montage (b) Montage (c)

Figure 7 : montage mise en œuvre dans l'étape 1

1.2.2. Donner son nom.

1.2.3. Quel est l'intérêt d'un tel montage ?

1.3. Deuxième partie : obtention du savon solide

Après la synthèse, on réalise les deux étapes suivantes décrites sur la figure 8 ci-dessous :

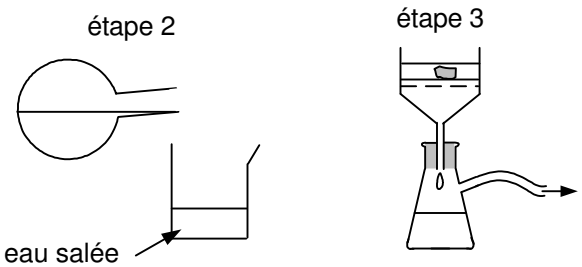


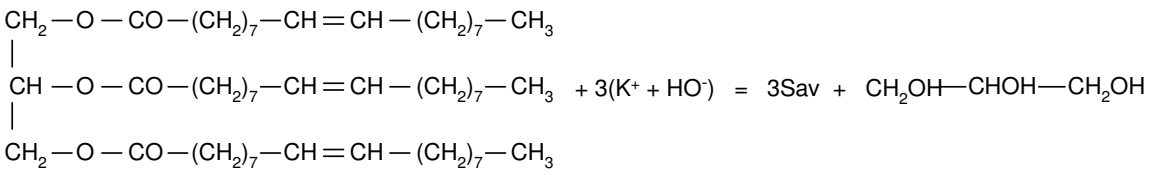
Figure 8

1.3.1. Justifier, à l'aide du tableau des données, l'utilisation d'eau salée dans l'étape 2.

1.3.2. Quel est le nom du dispositif utilisé à l'étape 3 ? Quel est son intérêt ?

1.4. Troisième partie : étude quantitative

On donne l'équation de la réaction de saponification de l'oléate de glycéryle :



oléate de glycéryle potasse savon glycérol

1.4.1. Écrire une formule semi-développée du savon noté Sav dans l'équation.
1.4.2. Sachant que l'hydroxyde de potassium a été introduit en excès, calculer la quantité de matière maximale de savon n_{Sav} que l'on peut obtenir lors de la saponification de 884 kg de cette huile végétale.
1.4.3. Montrer que la masse maximale de savon m_{Sav} susceptible d'être obtenue est 960 kg.
1.4.4. Quelle est la masse de savon réellement obtenue m_r si le rendement de l'expérience est égal à 90% ?

Aide au calcul		
$\frac{9,6}{9} \approx 3,1$	$9,6 \times 0,9 \approx 8,6$	$\frac{90}{9,6} \approx 9,4$

2. Questions relatives à l'histoire des savons

2.1. Le texte utilise les termes « savons » et « graisses de mouton, de bœuf ou de chèvre ». Attribuer à chacun de ces deux termes la famille chimique correspondante choisie parmi les trois suivantes :

triester d'acides gras, acide carboxylique, carboxylate de potassium

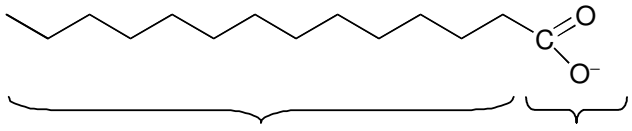
2.2. Quel facteur cinétique a permis d'améliorer la recette de Galien au XV^{ème} siècle ?
2.3. *Le glycol est le plus simple des diols. On donne sa formule semi-développée :*

$$CH_2OH - CH_2OH$$

Recopier cette formule, entourer le (ou les) groupe(s) caractéristique(s) et nommer la fonction correspondante.

3. Le pouvoir nettoyant du savon

Un ion carboxylate peut-être schématisé par :



partie 1 partie 2

3.1. Identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe de l'ion.
3.2. Que représente la partie 1 de l'ion carboxylate ?

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 3.5.

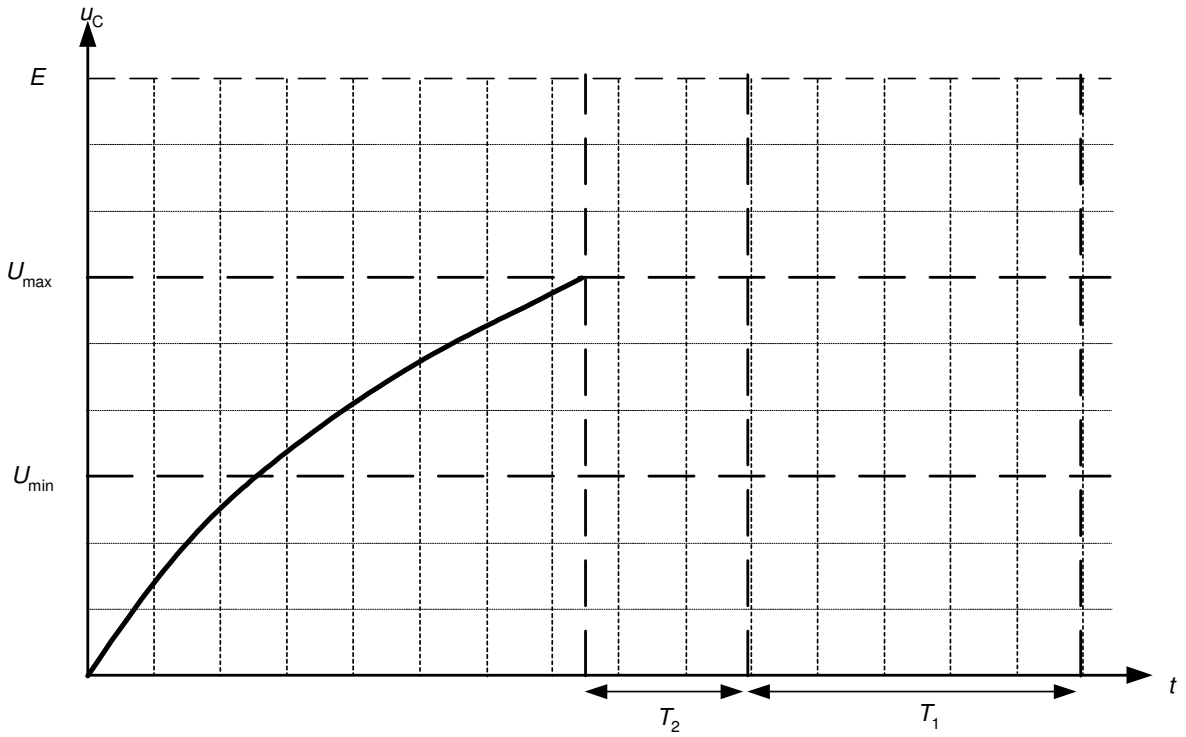


Figure 5