BURHAN

Contrôle de l'évolution des systèmes chimiques : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/controle-de-l-evolution-des-systemes-chimiques/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Contrôle de l'évolution des systèmes chimiques	Niveau examen	5

Exercice 1 6 pts

Aspirine : synthèse, rendement et montage

L'aspirine, ou acide acétylsalicylique $\mathrm{CH_3-COO-C_6H_4-COOH}$, est un médicament contre la douleur et la fièvre. On la prépare en chauffant de l'acide salicylique $\mathrm{HO-C_6H_4-COOH}$ avec de l'anhydride éthanoïque en excès. Les deux parties sont indépendantes.

Espèce	M (g · mol^{-1})	État à $20\,^{\circ}\mathrm{C}$
acide salicylique	$138{,}0$	solide
aspirine	$180{,}0$	solide, peu soluble dans l'eau froide

1. 0,5 pts

Partie A : équation et rendement

Le groupe hydroxyle de l'acide salicylique réagit avec l'anhydride éthanoïque comme celui d'un alcool. Écrire l'équation de la réaction.

INDICE

Repère le groupe de l'acide salicylique qui joue le rôle de l'alcool, puis applique la méthode d'écriture de la réaction d'un anhydride avec un alcool.

2. 0,5 pts

Donner les deux caractéristiques de cette réaction.

INDICE

Compare-la à l'estérification par un acide carboxylique.

3. 0,75 pts

On introduit $2{,}76\,\mathrm{g}$ d'acide salicylique et $4{,}00\times10^{-2}\,\mathrm{mol}$ d'anhydride éthanoïque. Construire le tableau d'avancement de la synthèse et en déduire le réactif limitant.

INDICE

Calcule la quantité d'acide salicylique à partir de sa masse, puis compare les deux quantités initiales.

4. 0,5 pts

Déterminer la masse d'aspirine qu'on obtiendrait sans aucune perte.

INDICE

L'aspirine a un coefficient stœchiométrique égal à un.

5. 1 pts

Après cristallisation dans l'eau glacée, filtration sous vide et séchage, on pèse $2{,}92\,\mathrm{g}$ d'aspirine. Calculer le rendement et expliquer pourquoi il est inférieur à 1 alors que la réaction est totale.

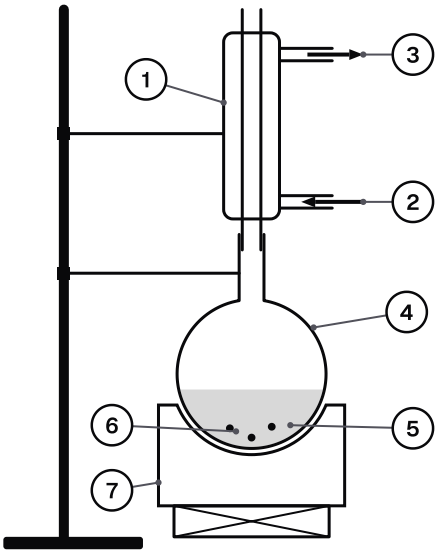
INDICE

Repère les étapes où une partie du solide peut rester dans le liquide ou sur le matériel.

6. 0,5 pts

Partie B : montage, sécurité et choix du réactif

Le mélange d'acide salicylique et d'anhydride éthanoïque est chauffé avec le montage représenté. Nommer les parties 2 et 3, indiquer le sens de circulation de l'eau et le rôle du réfrigérant.



Chauffage à reflux de la synthèse de l'aspirine ; les parties 2 et 3 sont à nommer.

1 : réfrigérant à boules
4 : ballon
5 : acide salicylique et anhydride
6 : pierre ponce
7 : chauffe-ballon

INDICE

L'eau froide doit remplir entièrement le réfrigérant ; demande-toi par où elle entre pour cela.

7. 0,5 pts

L'étiquette du flacon d'anhydride éthanoïque porte notamment deux pictogrammes de danger : une flamme ; un liquide qui ronge une main et une plaque de métal ; ses vapeurs sont irritantes. Nommer le danger signalé par chacun, puis indiquer les précautions à prendre pour prélever l'anhydride et pour chauffer le mélange.

INDICE

Relie chaque précaution à l'un des dangers signalés par l'étiquette.

8. 0,5 pts

Après le chauffage, on verse le mélange dans de l'eau glacée, puis on filtre sous vide avec un entonnoir de Büchner. Justifier ces deux étapes.

INDICE

Utilise la solubilité de l'aspirine dans l'eau froide et ce qu'apporte l'aspiration par rapport à une filtration simple.

9. 1,25 pts

Un élève propose de remplacer l'anhydride éthanoïque par l'acide éthanoïque, en gardant la même durée de chauffage. Prévoir, en argumentant, l'effet de ce changement sur la masse d'aspirine obtenue.

INDICE

Compare les deux réactifs sur la vitesse et sur l'état final de la réaction.

Exercice 2 6 pts

Savon de noix de muscade à partir de la trimyristine

Le beurre de noix de muscade est formé surtout de trimyristine, triester du glycérol et de l'acide myristique, notée $(C_{13}H_{27}-COO)_3C_3H_5$: trois groupes $C_{13}H_{27}-COO-$ sont liés au squelette C_3H_5 du glycérol. On en fait un savon, le myristate de sodium. Les deux parties sont indépendantes.

1. 0,75 pts

Partie A : saponification et ion myristate

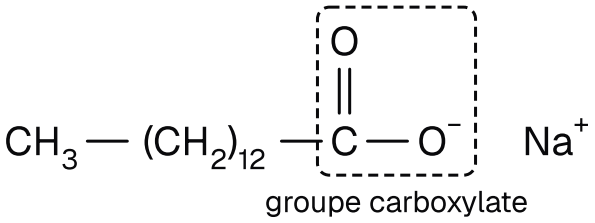
Écrire l'équation de la saponification de la trimyristine par les ions hydroxyde.

INDICE

Un ion hydroxyde réagit avec chaque groupe ester ; le squelette du triester redonne le glycérol.

2. 0,5 pts

Le document représente le myristate de sodium. Identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe de l'ion myristate, en justifiant.



Myristate de sodium : chaîne carbonée abrégée, groupe carboxylate entouré, ion sodium ; formule brute calculée.

Formule brute : $C_{14}H_{27}NaO_2$.

INDICE

Repère la partie chargée de l'ion et la partie formée seulement d'atomes de carbone et d'hydrogène.

3. 0,5 pts

Expliquer pourquoi une solution de ce savon entraîne une salissure grasse au rinçage.

INDICE

Chaque partie de l'ion se place dans le milieu qui lui convient : la graisse ou l'eau.

4. 1 pts

Partie B : préparation du savon et rendement

On dispose de trimyristine, d'une solution concentrée d'hydroxyde de sodium, d'éthanol, d'eau salée saturée, d'un montage à reflux et d'un montage de filtration sous vide. Proposer un protocole de préparation du savon.

INDICE

Demande-toi à quoi sert chacun des produits et des montages dont tu disposes.

5. 0,5 pts

Justifier l'ajout d'éthanol dans le ballon et le versement du mélange dans l'eau salée.

INDICE

Pense à la façon dont les réactifs se mêlent entre eux, puis à la solubilité du savon selon l'eau qui le reçoit.

6. 0,75 pts

On saponifie $14{,}44\,\mathrm{g}$ de trimyristine ($M = 722{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$) avec $25{,}0\,\mathrm{mL}$ de solution d'hydroxyde de sodium à $4{,}0\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$. Une mole de trimyristine réagit avec trois moles d'ions hydroxyde et donne trois moles d'ions myristate et une mole de glycérol. Dresser le tableau d'avancement et identifier le réactif limitant.

INDICE

Calcule chaque quantité initiale, puis cherche l'avancement qui annule chaque réactif, en tenant compte du coefficient trois.

7. 0,75 pts

Le myristate de sodium a pour masse molaire $M_s = 250{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$. Calculer la masse maximale de savon.

INDICE

La quantité maximale d'ions myristate tient compte de leur coefficient stœchiométrique.

8. 1,25 pts

On obtient $12{,}3\,\mathrm{g}$ de savon sec. Calculer le rendement, puis proposer une modification du protocole qui pourrait l'améliorer, sans changer les quantités de réactifs.

INDICE

La réaction étant totale, cherche où le savon peut être perdu entre le ballon et la pesée.

Exercice 3 5,5 pts

Hydrolyses du propanoate de butyle

Le propanoate de butyle $\mathrm{C_2H_5-COO-C_4H_9}$ est un ester à odeur fruitée. On étudie son hydrolyse par l'eau, puis par une solution d'hydroxyde de sodium. Les deux parties sont indépendantes.

1. 0,5 pts

Partie A : hydrolyse par l'eau

On chauffe à reflux, jusqu'à l'équilibre, $0{,}100\,\mathrm{mol}$ d'ester et $0{,}300\,\mathrm{mol}$ d'eau, avec quelques gouttes d'acide sulfurique. Écrire l'équation de l'hydrolyse.

INDICE

L'hydrolyse est la réaction inverse de l'estérification ; elle est limitée.

2. 0,75 pts

Dresser le tableau d'avancement et exprimer la constante d'équilibre $K' = 0{,}25$ en fonction de l'avancement final x_f.

INDICE

Le volume se simplifie, car il y a autant d'espèces au numérateur qu'au dénominateur.

3. 1,25 pts

Montrer que x_f vérifie $3x_f^2 + 0{,}4\,x_f - 0{,}03 = 0$, puis calculer x_f.

INDICE

Une équation du second degré a en général deux racines : demande-toi lesquelles sont possibles pour un avancement.

4. 0,5 pts

En déduire le taux d'avancement final et le rendement de l'hydrolyse, sans perte.

INDICE

Repère le réactif qui fixe l'avancement maximal, puis la condition qui permet de relier rendement et avancement.

5. 0,5 pts

Partie B : hydrolyse basique

On chauffe $1{,}00 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol}$ de propanoate de butyle avec $1{,}50 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol}$ d'ions hydroxyde. Écrire l'équation de la réaction.

INDICE

Demande-toi sous quelle forme se trouve, presque uniquement, un acide carboxylique en milieu basique.

6. 0,5 pts

Dresser le tableau d'avancement et calculer l'avancement maximal.

INDICE

Compare les quantités initiales des deux réactifs, de coefficients égaux à un.

7. 0,5 pts

Le tableau donne la quantité d'ester restante, mesurée au cours du temps. En déduire l'avancement final et le taux d'avancement final. Conclure.

t (min)	0	4	8	12	20	30	40
n_{ester} (mmol)	10,0	5,1	2,6	1,4	0,4	0,1	0,0

INDICE

Relie la quantité d'ester restante à l'avancement par la colonne de l'ester du tableau d'avancement.

8. 1 pts

Par l'eau seule, dans un mélange d'une mole d'ester pour trois moles d'eau, le taux d'avancement final de cette hydrolyse vaut $\tau' \approx 0{,}54$. Expliquer la différence avec l'hydrolyse basique, puis indiquer comment obtenir l'acide propanoïque à partir du mélange final de l'hydrolyse basique.

INDICE

Demande-toi si l'ion propanoate peut réagir avec le butan-1-ol ; pense ensuite à une réaction acido-basique.

Exercice 4 5,75 pts

Ions cobalt, ions tartrate et propan-2-ol sur catalyseur

Un laboratoire de contrôle prépare deux essais pour une usine : traiter par l'eau oxygénée une eau de rinçage qui contient des ions tartrate, puis transformer du propan-2-ol en un produit choisi. Dans chaque essai, on ajoute une espèce dont on étudie l'effet. Les deux parties sont indépendantes.

1. 0,5 pts

Partie A : oxydation des ions tartrate catalysée par les ions cobalt

À environ $70\,^{\circ}\mathrm{C}$, une solution d'ions tartrate $\mathrm{C_4H_4O_6^{2-}}$ est mélangée à de l'eau oxygénée en excès :

$$\begin{aligned}&\mathrm{C_4H_4O_6^{2-}}_{(aq)}\\&+\,5\,\mathrm{H_2O_2}_{(aq)}\\&\longrightarrow\,2\,\mathrm{CO_2}_{(g)}\\&+\,2\,\mathrm{HCO_3^-}_{(aq)}\\&+\,6\,\mathrm{H_2O}_{(\ell)}\end{aligned}$$

Sans catalyseur, le dégagement gazeux est très faible. On ajoute quelques gouttes d'une solution rose d'ions cobalt(II) : le mélange devient vert et mousse, puis il redevient rose quand le dégagement cesse. Que montrent ces observations sur le rôle des ions cobalt(II) ?

INDICE

Compare la couleur du mélange au début et à la fin, et l'intensité du dégagement gazeux avec et sans ions cobalt(II).

2. 0,5 pts

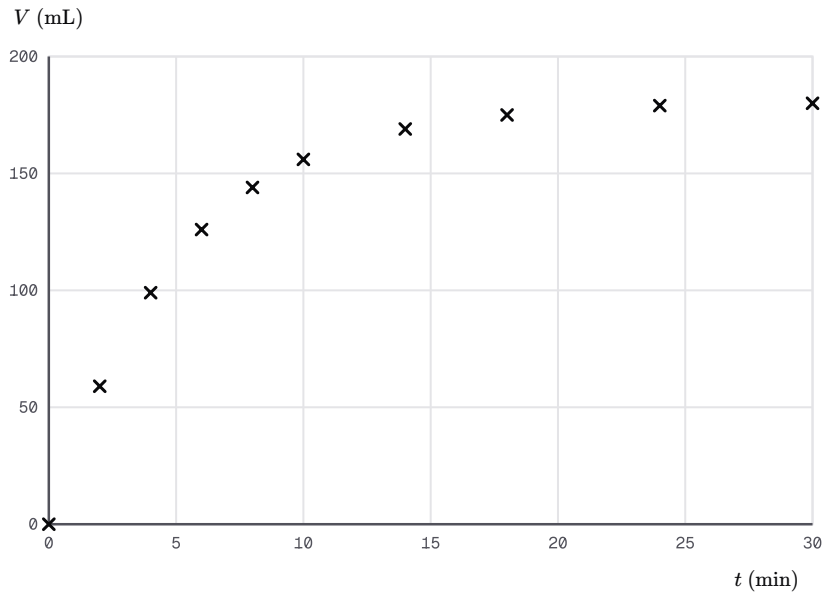
Quel est le type de cette catalyse ? Justifier.

INDICE

Compare la phase du catalyseur et celle des réactifs.

3. 0,5 pts

On recueille le dioxyde de carbone dégagé et on mesure son volume V au cours du temps, avec les ions cobalt(II). Lire sur le document le volume final et la durée nécessaire pour l'atteindre approximativement.



× avec ions cobalt(II)

Volume de dioxyde de carbone recueilli au cours du temps, avec les ions cobalt(II) : points de mesure (croix).

INDICE

Repère la valeur autour de laquelle les dernières mesures se stabilisent.

4. 0,75 pts

Prévoir, en justifiant, le volume final de dioxyde de carbone qu'on recueillerait sans catalyseur, à la même température, et l'allure de la courbe correspondante.

INDICE

Demande-toi de quoi dépend la quantité de gaz formée à l'état final.

5. 1,25 pts

Dans les conditions de l'expérience, le volume molaire des gaz vaut $V_m = 24{,}5\,\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$; on admet que tout le dioxyde de carbone formé est recueilli. Déterminer la quantité initiale d'ions tartrate.

INDICE

Relie le volume de gaz recueilli à une quantité de matière, puis exploite les coefficients de l'équation.

6. 1 pts

Partie B : propan-2-ol sur cuivre ou sur alumine

La vapeur de propan-2-ol $\mathrm{CH_3-CH(OH)-CH_3}$ passe sur un catalyseur chauffé. Vers $300\,^\circ\mathrm{C}$ sur du cuivre, on obtient surtout de la propanone $\mathrm{CH_3-CO-CH_3}$ et du dihydrogène ; vers $380\,^\circ\mathrm{C}$ sur de l'alumine, surtout du propène $\mathrm{CH_2=CH-CH_3}$ et de l'eau. Écrire les deux équations.

INDICE

Le même réactif perd, selon le catalyseur, soit deux atomes d'hydrogène, soit une molécule d'eau.

7. 0,5 pts

Quel rôle du catalyseur cette expérience illustre-t-elle ? Quel est ici le type de catalyse ?

INDICE

Le réactif est le même dans les deux cas ; compare les produits, puis les phases.

8. 0,75 pts

Un fabricant veut produire du propène. Il dispose d'un réacteur garni de cuivre et envisage de chauffer plus longtemps pour en obtenir davantage. Que lui conseiller ?

INDICE

Que change un catalyseur : la durée, la nature de la transformation, ou les deux ?

Exercice 5 — 6,5 pts

Arôme de jasmin : éthanoate de benzyle par deux voies

L'éthanoate de benzyle $\mathrm{CH_3-COO-CH_2-C_6H_5}$ donne au jasmin son odeur. On compare deux voies de synthèse à partir de l'alcool benzylique $\mathrm{C_6H_5-CH_2-OH}$, alcool primaire. Les deux parties sont indépendantes.

Espèce	M (g · mol^{-1})	ρ (g · mL^{-1})	$\theta_{éb}$ (°C)
alcool benzylique	108,0	1,04	205
éthanoate de benzyle	150,0	1,05	213

1. — 0,5 pts

Partie A : voie par l'acide éthanoïque

On chauffe à reflux $0{,}100\,\mathrm{mol}$ d'acide éthanoïque et $0{,}150\,\mathrm{mol}$ d'alcool benzylique, avec quelques gouttes d'acide sulfurique. Écrire l'équation de l'estérification.

INDICE

L'estérification est limitée et forme de l'eau.

2. — 1 pts

Dresser le tableau d'avancement et montrer que l'avancement final x_f vérifie $3x_f^2 - x_f + 0{,}06 = 0$, sachant que $K = 4$.

INDICE

Exprime la constante d'équilibre avec les quantités de matière, puis développe le produit du dénominateur.

3. — 1,25 pts

Résoudre cette équation et choisir la solution acceptable.

INDICE

L'avancement final est positif et ne peut pas dépasser l'avancement maximal fixé par l'acide.

4. — 0,5 pts

Calculer le rendement à l'équilibre, sans perte, puis dire si l'excès d'alcool l'a amélioré par rapport à un mélange équimolaire.

INDICE

Repère l'avancement final et l'avancement maximal fixé par le réactif limitant.

5. 0,5 pts

Partie B : voie par l'anhydride éthanoïque

On chauffe à reflux $10{,}0\,\text{mL}$ d'alcool benzylique avec $0{,}150\,\text{mol}$ d'anhydride éthanoïque. Écrire l'équation de la réaction.

INDICE

L'anhydride cède une partie acyle à l'alcool ; la réaction est totale.

6. 0,75 pts

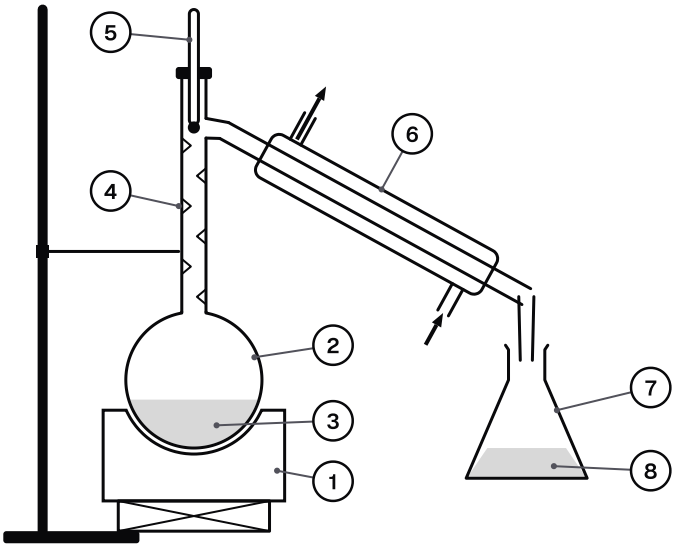
Calculer la quantité initiale d'alcool benzylique, dresser le tableau d'avancement et calculer la masse maximale d'ester.

INDICE

La quantité d'un liquide pur se déduit de sa masse volumique ; compare-la ensuite à celle de l'anhydride.

7. 0,5 pts

Après lavage et séchage, l'ester est purifié par distillation fractionnée avec le montage représenté ; on recueille $11{,}8\ \text{g}$ d'éthanoate de benzyle. Calculer le rendement.



Distillation fractionnée de la phase organique séchée, pour isoler l'éthanoate de benzyle.

1 : chauffe-ballon
2 : ballon
3 : phase organique séchée
4 : colonne à distiller
5 : thermomètre
6 : réfrigérant
7 : récipient de recueil
8 : ester purifié

INDICE

Le rendement compare la masse recueillie à la masse maximale.

8. 0,5 pts

La réaction étant totale, à quelles étapes du traitement l'ester a-t-il été perdu ? Proposer un geste qui limite chacune de ces pertes.

INDICE

Passe en revue les transvasements, la séparation des phases, le séchage et la distillation.

9. 1 pts

Question de synthèse : par la voie acide, avec une mole et demie d'alcool pour une mole d'acide, le rendement à l'équilibre sans perte vaut $r_1 \approx 0{,}78$, atteint en plusieurs heures. Par la voie anhydride, le rendement réel après purification vaut $r_2 \approx 0{,}82$. Un parfumeur doit choisir sa voie de synthèse : rédiger un avis argumenté qui précise la voie retenue et ses conditions.

INDICE

Compare les deux valeurs en tenant compte de ce qu'elles mesurent : l'une ignore les pertes, l'autre les inclut. Pense aussi à la durée et au réactif qu'il faut séparer.