BURHAN

Réactions d'estérification et d'hydrolyse : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/esterification-et-hydrolyse/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Réactions d'estérification et d'hydrolyse	Niveau examen	5

Exercice 1 6 pts

Arôme de poire : synthèse de l'éthanoate de propyle

L'éthanoate de propyle donne leur odeur à certaines poires ; l'industrie des arômes le prépare par estérification. On étudie d'abord la molécule et sa formation, puis le suivi d'une synthèse au laboratoire. Les deux parties sont indépendantes.

1. 0,5 pts

Partie 1 : la molécule et sa synthèse

L'éthanoate de propyle a pour formule semi-développée $\mathrm{CH_3-COO-CH_2-CH_2-CH_3}$. Recopier son groupe caractéristique, le nommer et indiquer la famille de l'espèce.

INDICE

Repérez le carbone qui porte deux atomes d'oxygène et regardez à quoi est relié le second.

2. 0,5 pts

Donner les noms et les formules semi-développées de l'acide carboxylique et de l'alcool dont dérive l'éthanoate de propyle.

INDICE

Le nom de l'ester renseigne sur chacun de ses deux morceaux.

3. 0,75 pts

Écrire l'équation de la réaction de synthèse avec des formules semi-développées.

INDICE

Chaque réactif perd un fragment, et ces deux fragments forment ensemble une petite molécule.

4. 0,5 pts

Lue de droite à gauche, cette équation décrit une seconde réaction. La nommer, puis citer les deux espèces qui y réagissent et les deux qu'elle forme.

INDICE

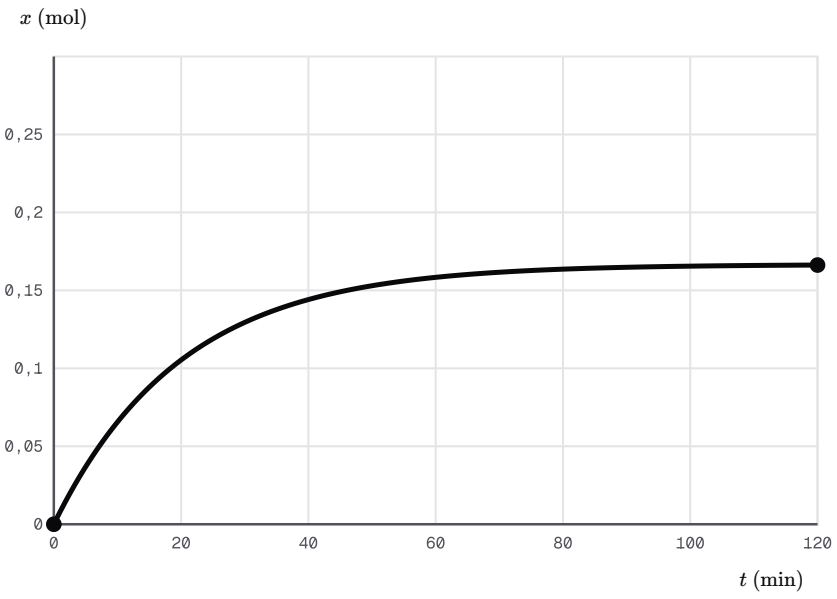
Échangez le rôle des deux membres de l'équation.

5. 0,75 pts

Partie 2 : suivi de la synthèse

On chauffe à reflux un mélange de $0{,}250\,\text{mol}$ d'acide éthanoïque et de $0{,}250\,\text{mol}$ de propan-1-ol, additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Un suivi par titrage a permis de tracer l'avancement x de la réaction en fonction du temps (document). La constante d'équilibre de cette estérification vaut $K = 4$.

Dresser le tableau d'avancement et calculer l'avancement maximal $x_{\max}$.



Avancement de la synthèse de l'éthanoate de propyle en fonction du temps : courbe modèle construite à partir des mesures du suivi.

INDICE

Comparez les quantités initiales des deux réactifs.

6. 0,5 pts

Lire sur le document l'avancement à la date $t = 20\,\text{min}$ et l'avancement final x_f.

INDICE

L'avancement final se lit sur le palier de la courbe, aux grandes dates.

7. 2 pts

À l'aide de K, calculer l'avancement final attendu et le confronter à la lecture du document. En déduire le taux d'avancement final et la composition du mélange à l'équilibre.

INDICE

Quelle relation lie la constante d'équilibre aux quantités présentes dans l'état final ?

8. 0,5 pts

Sans catalyseur, toutes choses égales par ailleurs, comment la courbe serait-elle modifiée ? Justifier.

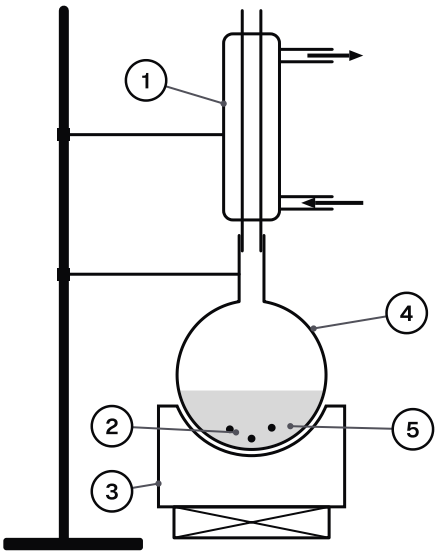
INDICE

Quelle grandeur un catalyseur modifie-t-il, et laquelle laisse-t-il inchangée ?

Exercice 2 5,75 pts

Arôme de rhum : synthèse et suivi du méthanoate d'éthyle

Le méthanoate d'éthyle participe à l'arôme du rhum. Au laboratoire, on le synthétise à partir d'acide méthanoïque et d'éthanol, dans le montage du document 1. On s'intéresse d'abord au montage, puis au suivi de la réaction par titrage. Les deux parties sont indépendantes.



Document 1 : montage employé pour la synthèse du méthanoate d'éthyle ; trois parties sont numérotées sans nom.

4 : ballon

5 : mélange réactionnel

1. 0,5 pts

Partie 1 : montage et conditions opératoires

Nommer les parties numérotées 1, 2 et 3 du montage du document 1.

INDICE

Repérez l'élément parcouru par une circulation d'eau, puis ceux placés au fond du ballon et sous lui.

2. 0,5 pts

Expliquer pourquoi ce montage permet de chauffer longtemps le mélange sans perte de matière.

INDICE

Suivez le trajet des vapeurs qui s'élèvent du ballon.

3. 0,5 pts

On ajoute au mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Indiquer son rôle et son effet sur la composition finale.

INDICE

Une espèce absente de l'équation peut agir sur la vitesse ; que change-t-elle à l'équilibre ?

4. 0,5 pts

Indiquer deux précautions de sécurité à respecter lors de l'ajout de l'acide sulfurique concentré.

INDICE

Quelles propriétés de l'acide sulfurique concentré le rendent dangereux pour l'opérateur ?

5. 0,75 pts

Partie 2 : suivi de la réaction par titrage

On répartit un mélange d'acide méthanoïque, d'éthanol et de catalyseur dans des tubes identiques, contenant chacun $n_1 = 3{,}00 \times 10^{-2}\,\text{mol}$ d'acide méthanoïque et $n_2 = 5{,}00 \times 10^{-2}\,\text{mol}$ d'éthanol, maintenus à la même température. À chaque date t, le contenu d'un tube est refroidi dans l'eau glacée, puis son acide méthanoïque est titré par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_B = 1{,}00\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Le document 2 donne les volumes équivalents V_E, déduction faite de l'acide apporté par le catalyseur. La constante d'équilibre de l'estérification vaut $K = 4$.

t (min)	V_E (mL)
0	30,0
15	19,0
30	13,0
45	9,7
60	7,9
90	6,4
120	5,9
180	5,7

Écrire l'équation de la réaction de titrage, l'acide méthanoïque étant noté $\text{H}-\text{COOH}$, et en déduire la relation entre la quantité d'acide restant n_A, c_B et V_E.

INDICE

À l'équivalence, l'acide et les ions hydroxyde ont été mélangés dans les proportions de l'équation du titrage.

6. 0,75 pts

Dresser le tableau d'avancement de l'estérification dans un tube et exprimer l'avancement x à la date t en fonction de n_1, c_B et V_E.

INDICE

La quantité d'acide restant vaut la quantité initiale diminuée de l'avancement.

7. 0,5 pts

Calculer l'avancement à la date $t = 30\,\text{min}$ et la composition du tube à cette date.

INDICE

Lisez dans le document 2 le volume équivalent qui correspond à cette date.

8. 1 pts

Déterminer l'avancement final x_f et le taux d'avancement final τ, puis calculer la valeur de K qui s'en déduit et la confronter à la valeur donnée.

INDICE

Quelle propriété des dernières mesures du document 2 signale l'état final ?

9. 0,75 pts

Calculer, à l'aide de K, le taux d'avancement final qu'atteindrait un tube contenant $3{,}00 \times 10^{-2}\,\text{mol}$ de chaque réactif. Le comparer au taux mesuré et expliquer l'écart.

INDICE

Repérez le réactif introduit en plus grande quantité et son effet sur le quotient de réaction.

Exercice 3 — 5,5 pts

Hydrolyse de l'éthanoate de méthyle, solvant des vernis

L'éthanoate de méthyle est un solvant employé dans certains vernis et dissolvants. Au contact de l'eau, en présence d'un acide, il s'hydrolyse lentement. On étudie l'équation de cette hydrolyse, puis son suivi au laboratoire. Les deux parties sont indépendantes.

1. — 0,5 pts

Partie 1 : équation et constante de l'hydrolyse

L'éthanoate de méthyle a pour formule $\mathrm{CH_3-COO-CH_3}$. Nommer l'acide carboxylique et l'alcool dont il dérive et écrire leurs formules semi-développées.

INDICE

Le nom de l'ester se lit en deux termes : le premier renvoie à l'acide, le second à l'alcool.

2. — 0,75 pts

Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse de l'éthanoate de méthyle.

INDICE

L'ester et l'eau sont les réactifs ; les produits sont les deux espèces dont il dérive.

3. — 0,5 pts

La constante d'équilibre associée à l'estérification de l'acide éthanoïque par le méthanol vaut $K = 4$. En déduire la constante d'équilibre K' associée à l'hydrolyse.

INDICE

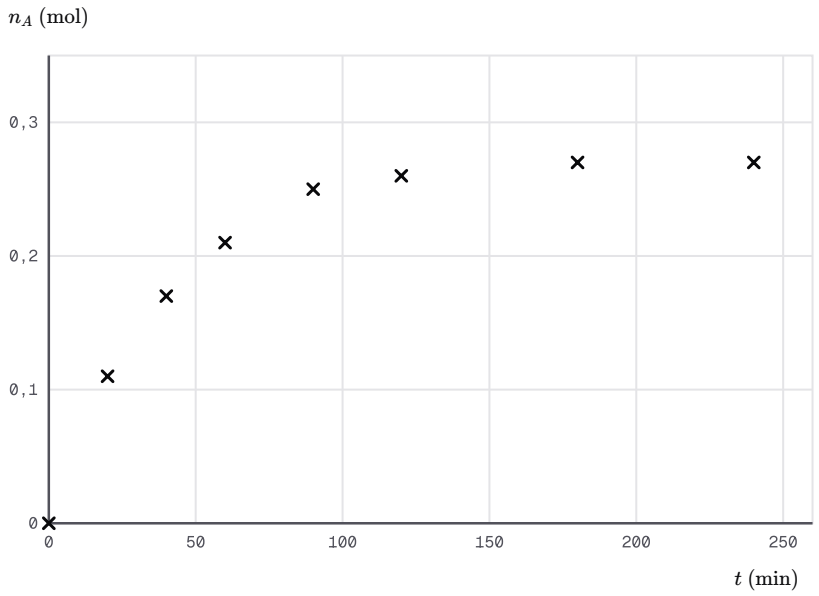
Les deux équations échangent leurs réactifs et leurs produits.

4. 0,5 pts

Partie 2 : suivi de l'hydrolyse avec de l'eau en excès

On mélange $V_1 = 47{,}6\,\text{mL}$ d'éthanoate de méthyle ($\rho_1 = 0{,}932\,\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $M_1 = 74{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) et $V_2 = 21{,}6\,\text{mL}$ d'eau ($\rho_2 = 1{,}00\,\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $M_2 = 18{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$), avec quelques gouttes d'acide sulfurique, puis on répartit le mélange dans des tubes placés au bain-marie. À différentes dates, le contenu d'un tube est refroidi dans l'eau glacée et l'acide éthanoïque formé est titré, déduction faite de l'acide sulfurique ; le document donne la quantité d'acide formé n_A, rapportée au mélange entier. La constante d'équilibre de l'hydrolyse vaut $K' = 0{,}25$.

Expliquer pourquoi le contenu de chaque tube est refroidi dans l'eau glacée avant le titrage.



× Points de mesure

Quantité d'acide éthanoïque formé, rapportée au mélange entier, en fonction du temps : mesures du suivi par titrage.

INDICE

Quelle propriété de la réaction faut-il figer pour que la mesure corresponde à la date du prélèvement ?

5. 0,75 pts

Calculer les quantités initiales d'ester et d'eau, puis dresser le tableau d'avancement de l'hydrolyse et identifier le réactif limitant.

INDICE

La masse de chaque liquide vaut le produit de sa masse volumique par son volume.

6. 0,5 pts

À l'aide du document, déterminer la composition du mélange à la date $t = 40\,\text{min}$.

INDICE

Dans l'hydrolyse, la quantité d'acide formé est égale à l'avancement.

7. 1,25 pts

Établir l'équation vérifiée par l'avancement final x_f, la résoudre, puis calculer le taux d'avancement final τ et confronter le résultat aux dernières mesures du document.

INDICE

Écrivez la constante de l'hydrolyse avec les quantités de l'état final ; quelles valeurs de l'avancement le tableau autorise-t-il ?

8. 0,75 pts

Un second mélange contient $0{,}600\,\text{mol}$ d'éthanoate de méthyle et autant d'eau. Calculer son taux d'avancement final et le comparer à celui du mélange étudié ; quel rôle joue l'eau introduite en excès ?

INDICE

Écrivez la constante de l'hydrolyse pour ce second mélange, dont les deux réactifs ont la même quantité.

Exercice 4 6,25 pts

Propanoate d'éthyle : excès d'alcool et desséchant

Le propanoate d'éthyle, à l'odeur d'ananas, sert d'arôme et de solvant. Un laboratoire cherche à en obtenir davantage par estérification de l'acide propanoïque par l'éthanol. On étudie l'effet d'un excès d'alcool, puis celui du retrait de l'eau. Les deux parties sont indépendantes.

1. 0,5 pts

Partie 1 : mélange avec de l'éthanol en excès

Écrire l'équation de l'estérification de l'acide propanoïque $\mathrm{CH_3-CH_2-COOH}$ par l'éthanol $\mathrm{CH_3-CH_2-OH}$.

INDICE

Repérez les atomes que perd chaque réactif pour former l'eau.

2. 0,5 pts

On mélange un volume $V_1 = 22{,}4\,\mathrm{mL}$ d'acide propanoïque et $n_2 = 0{,}750\,\mathrm{mol}$ d'éthanol, avec un catalyseur. La constante d'équilibre de l'estérification vaut $K = 4$.

Donnée	acide propanoïque
masse volumique	$0{,}990\,\mathrm{g\cdot mL^{-1}}$
masse molaire	$74{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$

Calculer la quantité initiale n_1 d'acide.

INDICE

Le volume prélevé et la masse volumique donnent la masse d'acide.

3. 0,5 pts

Dresser le tableau d'avancement, puis déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal.

INDICE

Comparez les deux quantités initiales, l'équation consommant une mole de chaque réactif.

4. 1,25 pts

Calculer l'avancement final x_f et le taux d'avancement final τ.

INDICE

Écrivez la constante avec les quantités à l'équilibre ; l'équation obtenue est du second degré et une seule racine convient.

5. 0,5 pts

Ce taux est-il plus grand ou plus petit que $\frac{2}{3}$, valeur obtenue pour un mélange équimolaire ? Conclure.

INDICE

Calculez la valeur décimale de la fraction donnée, puis comparez.

6. 0,5 pts

Partie 2 : retrait de l'eau pendant la synthèse

On réalise deux synthèses (A) et (B) à partir du même mélange de $0{,}240\ \text{mol}$ d'acide propanoïque et de $0{,}240\ \text{mol}$ d'éthanol, avec un catalyseur, chauffé à reflux ; la constante d'équilibre de l'estérification vaut $K = 4$. Dans la synthèse (B) seulement, un desséchant placé dans le ballon, qui ne réagit avec aucune autre espèce, fixe de l'eau à mesure qu'elle se forme. Le document donne la quantité d'ester n_E mesurée dans chaque ballon.

t (h)	n_E (A) en mol	n_E (B) en mol
0	0	0
1	$0{,}101$	$0{,}108$
2	$0{,}138$	$0{,}160$
4	$0{,}157$	$0{,}195$
6	$0{,}160$	$0{,}208$
8	$0{,}160$	$0{,}210$

À l'aide du document, donner l'avancement final de la synthèse (A) et calculer son taux d'avancement final.

INDICE

Repérez à partir de quelle date la quantité d'ester de la synthèse (A) ne change plus.

7. 0,5 pts

Expliquer, à l'aide du quotient de réaction, pourquoi la synthèse (B) fournit davantage d'ester que la synthèse (A).

INDICE

Quel terme du quotient de réaction le desséchant fait-il diminuer ?

8. 1,25 pts

À $t = 8\,\mathrm{h}$, la synthèse (B) a atteint l'équilibre. Dresser son tableau d'avancement, puis calculer la quantité d'eau restée dans le ballon et la quantité d'eau fixée par le desséchant.

INDICE

Toute l'eau formée se trouve soit dans le mélange, soit dans le desséchant ; seule la première figure dans la constante.

9. 0,75 pts

Proposer un protocole de laboratoire permettant d'obtenir davantage de propanoate d'éthyle à partir d'acide propanoïque et d'éthanol, en indiquant les précautions à prendre.

INDICE

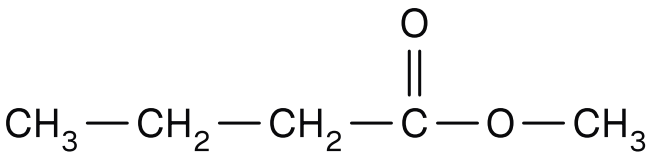
Quelle grandeur faut-il maintenir sous la constante d'équilibre pour que la réaction se poursuive dans le sens direct ?

Exercice 5 6,25 pts

Arôme de pomme : le butanoate de méthyle et son catalyseur

Le butanoate de méthyle contribue à l'odeur de la pomme. Sa formule semi-développée est représentée dans le document 1. On étudie la molécule, puis sa synthèse à partir d'acide butanoïque et de méthanol. Les deux parties sont indépendantes.

Masses molaires atomiques : $M(\mathrm{H}) = 1{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{C}) = 12{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{O}) = 16{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$.



Document 1 : formule semi-développée du butanoate de méthyle.

1. 0,5 pts

Partie 1 : la molécule

Nommer le groupe caractéristique présent dans la molécule du document 1 et justifier le nom de butanoate de méthyle.

INDICE

Repérez le carbone relié à deux atomes d'oxygène, puis comptez les carbones de part et d'autre de l'oxygène simple.

2. 0,5 pts

Écrire les formules semi-développées des deux espèces dont l'estérification donne cet ester.

INDICE

Coupez la molécule entre l'oxygène simple et le groupe méthyle, puis complétez chaque partie.

3. 0,5 pts

Déterminer la formule brute du butanoate de méthyle et sa masse molaire moléculaire.

INDICE

Comptez séparément les carbones, les hydrogènes et les oxygènes, groupes condensés compris.

4. 0,75 pts

L'acide pentanoïque $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH}$ et le propanoate d'éthyle ont la même formule brute que le butanoate de méthyle. Écrire la formule semi-développée du propanoate d'éthyle, puis préciser ce qui distingue chacune de ces deux espèces du butanoate de méthyle.

INDICE

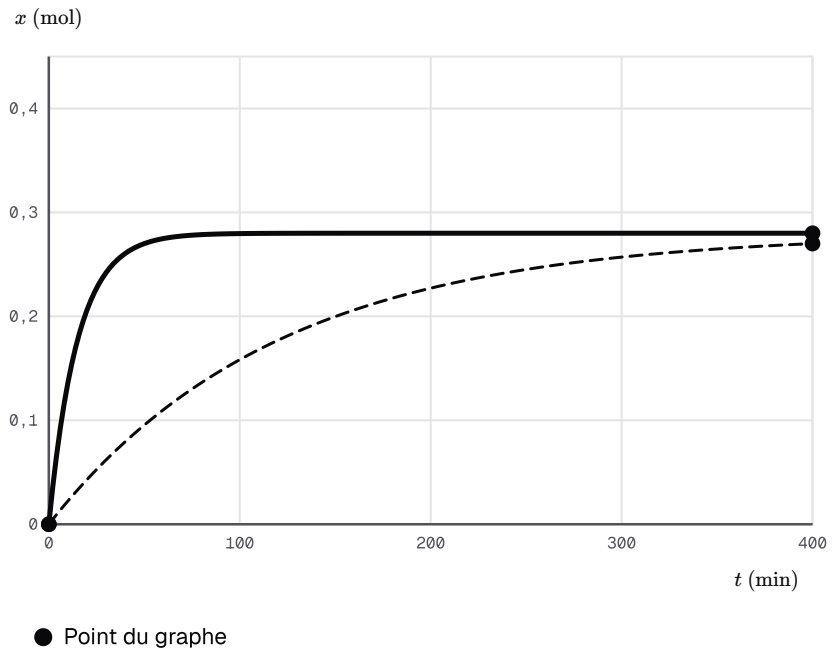
Comparez d'abord les groupes caractéristiques, puis, pour les deux esters, leurs parties acide et alcool.

5. 0,5 pts

Partie 2 : synthèse avec et sans catalyseur

On réalise deux mélanges identiques de $0{,}420\ \text{mol}$ d'acide butanoïque et de $0{,}420\ \text{mol}$ de méthanol, chauffés à la même température ; on ajoute à l'un d'eux quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le suivi de l'avancement donne les courbes (a) et (b) du document 2. La constante d'équilibre de l'estérification vaut $K = 4$.

Attribuer chaque courbe à l'une des deux expériences, en justifiant.



Document 2 : avancement de la synthèse du butanoate de méthyle en fonction du temps pour les deux expériences ; courbes modèles construites à partir des mesures.

INDICE

Comparez les pentes des deux courbes pendant les premières minutes.

6. 0,5 pts

Dresser le tableau d'avancement de l'estérification et donner l'avancement maximal.

INDICE

Les deux réactifs sont introduits en quantités égales.

7. 0,5 pts

Lire sur la courbe (b) l'avancement final x_f et en déduire le taux d'avancement final τ.

INDICE

L'avancement final se lit sur le palier de la courbe ; rapportez-le à l'avancement maximal.

8. 1 pts

Calculer, à l'aide de K, l'avancement final attendu et expliquer pourquoi la courbe (a) tend vers le même palier. Conclure sur le rôle du catalyseur.

INDICE

Les deux mélanges ont-ils la même composition initiale et la même constante d'équilibre ?

9. 1,5 pts

Question de synthèse. Le laboratoire veut obtenir au moins $0{,}350\,\text{mol}$ de butanoate de méthyle à partir de $0{,}420\,\text{mol}$ d'acide butanoïque, en une heure environ. On admet que, catalysé, un mélange riche en méthanol approche son équilibre dans une durée comparable à celle de la courbe (b). En exploitant le document 2 et la constante K, proposer les conditions de la synthèse : présence ou non du catalyseur, et quantité minimale de méthanol à introduire.

INDICE

Deux exigences sont posées, une durée et une quantité d'ester : quel levier agit sur chacune ?