

I. Formation d'un ester à partir d'un acide et d'un alcool.

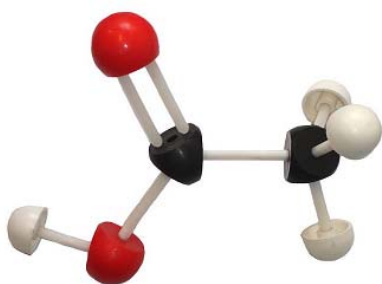
1. Reconnaissance des esters.

Les esters sont des composés odorants que l'on trouve dans les huiles essentielles (voir programme de 2nde), les fruits et qui sont utilisés en parfumerie.

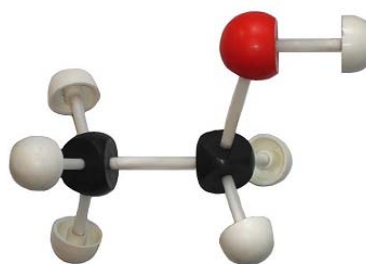
Un ester est formé à partir d'un acide carboxylique et d'un alcool.

**Question discussion réponse**

- Reconnaître dans les modèles moléculaires suivants, les groupements alcool et acide carboxylique.



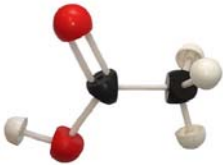
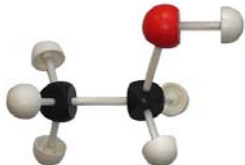
Molécule n° 1



Molécule n° 2

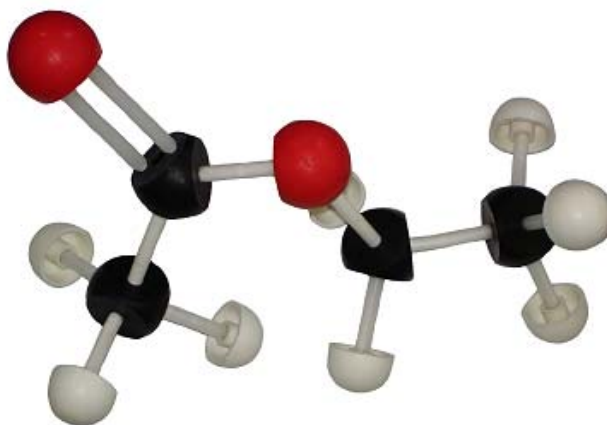
- Quels sont les noms des molécules représentées ?
- Ecrire leurs formules semi-développées.

**Réponse :**

Modèle moléculaire éclaté	 Molécule n° 1	 Molécule n° 2
Groupe caractéristique	acide carboxylique -CO <sub>2</sub> H	alcool -OH
Nom	Acide éthanoïque (acide acétique)	Ethanol
Formule semi-développée	CH <sub>3</sub> -COOH	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> OH

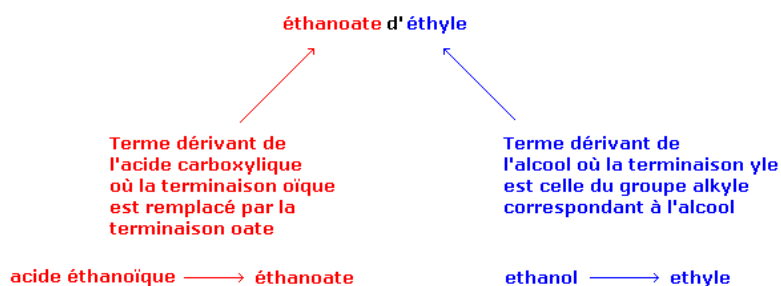
Les esters possèdent un groupement caractéristique ester  $-\text{CO}_2\text{R}$

La molécule suivante est un ester synthétisé à partir de l'éthanol et de l'acide éthanoïque.



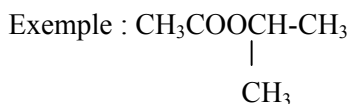
Sa formule semi-développée est  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

Il s'agit de **éthanoate** d'**éthyle**



Cas particulier des chaînes carbonées ramifiées

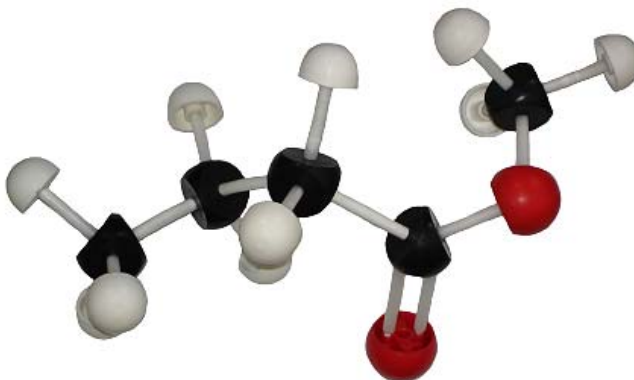
La chaîne carbonée correspondant à l'alcool est numérotée à partir du carbone lié à l'atome d'oxygène.



Il s'agit de l'éthanoate de 1-méthyléthyle

### Question discussion réponse

- Donner la formule semi-développée de la molécule d'ester représentée par le modèle moléculaire suivant :



- A partir de cette formule semi-développée, retrouver les formules et les noms de l'acide carboxylique et de l'alcool correspondant.
- Donner le nom de cet ester.

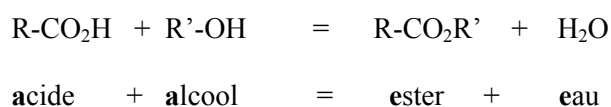
## Réponse :

Formule semi-développée de l'ester :	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{CH}_3$	
Formule et nom de l'acide correspondant :	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$	acide butanoïque
Formule et nom de l'alcool correspondant :	$\text{CH}_3\text{OH}$	methanol
Nom de l'ester :		butanoate de méthyle

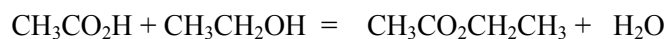
## 2. Ecriture de l'équation de la réaction d'estérification.

L'estérification est une réaction lente, **limitée** et athermique.

Son équation générale correspondante est :



L'équation de formation de l'éthanoate d'éthyle à partir de l'acide éthanoïque et de l'éthanol s'écrit :

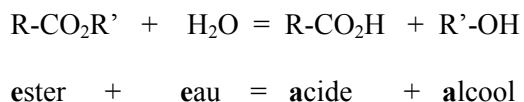


## II. Hydrolyse d'un ester.

La réaction d'hydrolyse est la réaction inverse de la réaction d'estérification.

*Hydro : eau lyse : coupure*

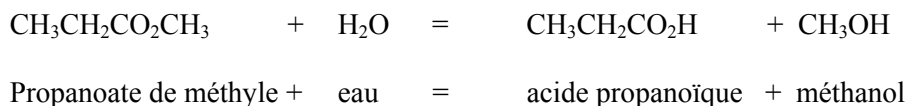
L'équation générale de la réaction d'hydrolyse est :



## Question discussion réponse

Ecrire l'équation d'hydrolyse du propanoate de méthyle et donner les noms des produits formés.

## Réponse :



III. Mise en évidence expérimentale d'un état d'équilibre lors des transformations faisant intervenir des réactions d'estérification et d'hydrolyse.

Cette partie est vue en TP.

1. Propriétés de la réaction d'estérification-hydrolyse.

Expérience n° 1 (estérification) : On mélange 1,0 mol d'un acide carboxylique et 1,0 mol d'un alcool primaire à 20°C en présence d'un catalyseur (ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ ).

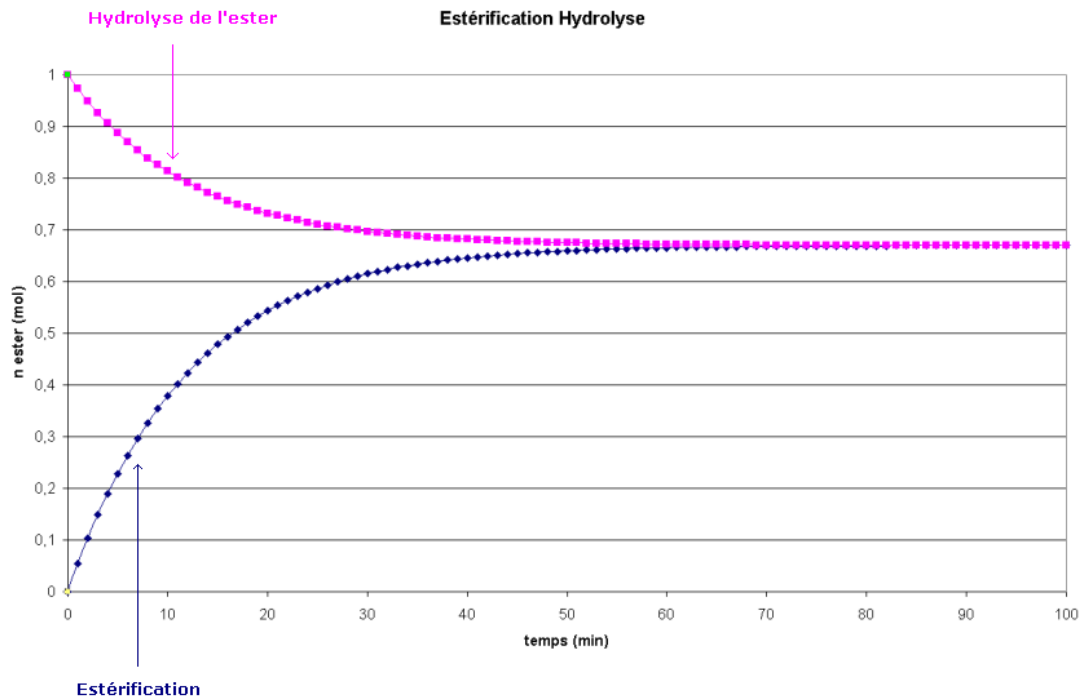
Expérience n°2 (hydrolyse) : On mélange 1,0 mol d'ester et 1,0 mol d'eau à 20°C en présence d'un catalyseur (ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ ).

Un **catalyseur** est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une réaction chimique (estérification) et de sa réaction inverse (hydrolyse), mais qui ne figure pas dans l'équation associée à cette réaction.

Dans le cas d'une réaction d'estérification, le catalyseur est le plus souvent l'acide sulfurique.

Le **rendement** d'une transformation chimique est égal à  $\tau \times 100$

A partir des résultats expérimentaux fournis par les graphes suivants, on cherche à savoir si la réaction d'estérification-hydrolyse est rapide ou lente, totale ou limitée.



Question discussion réponse

1. Quelle est la valeur de  $x_{\text{max}}$  ?
2. Quelle est la valeur de  $x_{\text{final}}$  et de  $\tau$  dans le cas des expériences réalisées avec ce mélange équimolaire ? En déduire la valeur du rendement.
3. Conclusion : la réaction d'estérification est-elle lente ou rapide ? limitée ou totale ?
4. Quel symbolisme d'écriture doit-on utiliser pour montrer les réactions d'estérification et d'hydrolyse conduisant à un état d'équilibre ?

## Réponses :

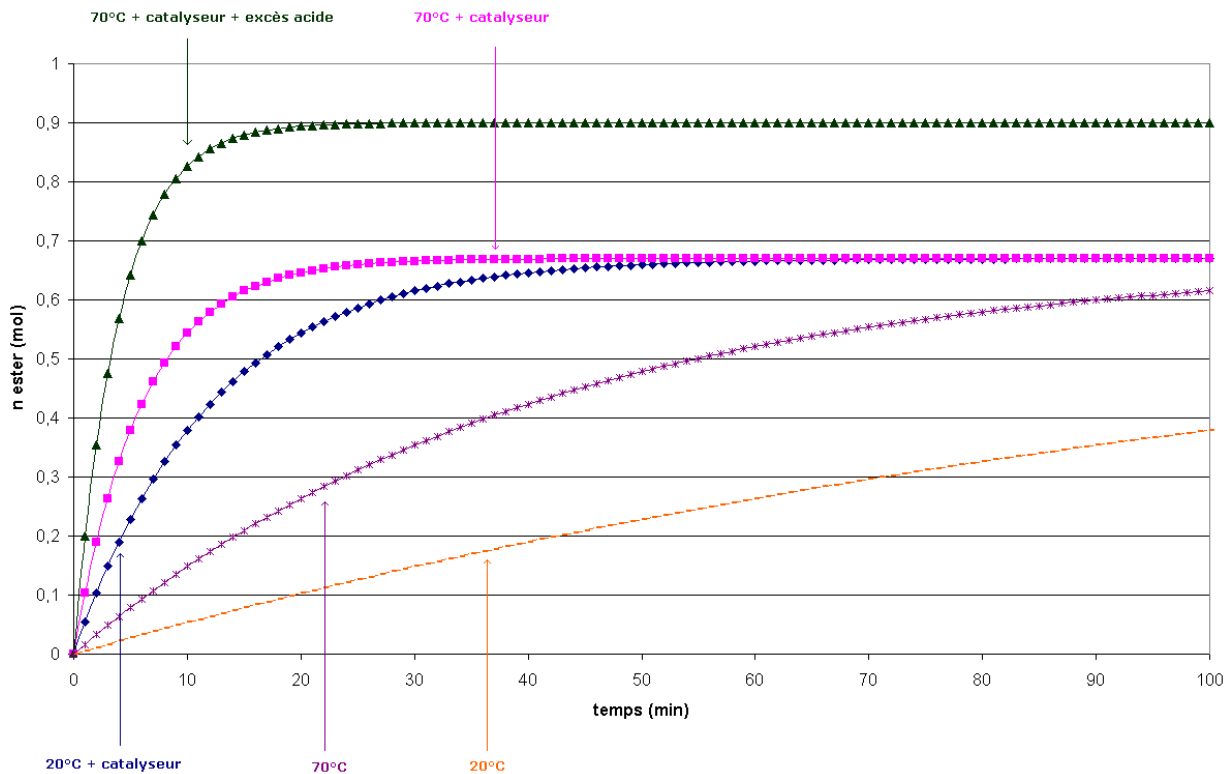
1.  $x_{\max} = 1,0 \text{ mol}$
2.  $x_f = 0,67 \text{ mol}$  (lecture graphique)  
 $\tau = 0,67 / 1 = 0,67$   
rendement = 67 %
3. Conclusion : les réactions d'estérification - hydrolyse sont **lentes** et **limitées**.
4. On utilise le signe = dans l'écriture de l'équation de la réaction  
acide + alcool = ester + eau.

## IV. Comment contrôler la vitesse de la réaction et l'état final d'un système ?

1. Premières séries de méthodes de contrôle d'une réaction chimique.

Différentes expériences ont été mises en œuvre afin d'observer l'incidence de l'élévation de la **température**, de la présence d'un **catalyseur** ou d'un **excès de l'un des réactifs** au cours d'une réaction d'estérification.

Les résultats sont les suivants :



## Questions discussion réponses :

1. Comment contrôler la vitesse d'une réaction ?
2. Comment contrôler l'état final d'une réaction (contrôle de  $\tau$ ) ?
3. L'élévation de température ou l'ajout d'un catalyseur modifie-t-il le taux d'avancement final ?

## Réponses :

1. On peut contrôler la vitesse d'une réaction en modifiant la température (facteur cinétique) et/ou en utilisant un catalyseur.
2. On peut contrôler l'état final d'une réaction en utilisant un excès de l'un des réactifs.  
(Avec un excès d'acide  $\tau = 0,9$ )
3. Non, l'élévation de la température ou l'ajout d'un catalyseur ne modifie l'état final du système.  
(le taux d'avancement final est toujours  $\tau = 0,67$ ).

2. Deux autres méthodes de contrôle de l'état final du système.

2.1. Le dispositif Dean-Stark. Etude d'un document expérimental.

### Question discussion réponse

A partir de texte et du schéma suivant, répondez aux questions :

1. Quel est l'intérêt de rajouter du toluène dans le mélange ?
2. Quelle sera la position de l'eau dans le décanteur ?
3. Quel est l'intérêt de ce dispositif ?
4. Quelle réaction ne peut plus avoir lieu ?
5. Comment va évoluer le taux d'avancement final de la réaction d'estérification ?

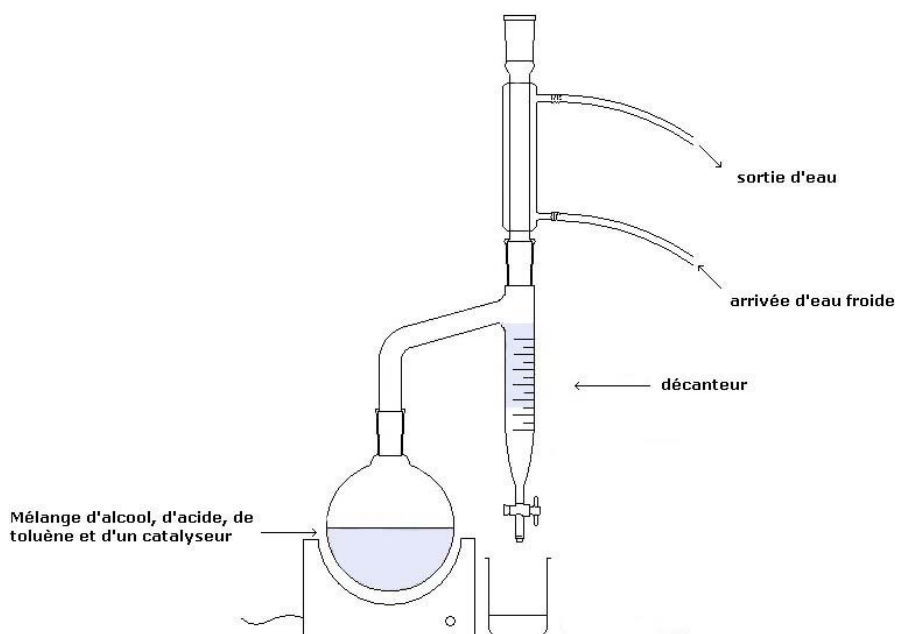
*Le dessin ci-dessous représente un montage permettant la préparation d'un ester en utilisant un décanteur de type Dean-Stark.*

*Dans le ballon, on réalise un mélange d'acide et d'alcool et de toluène ( $d = 0,87$ ).*

*L'eau et le toluène ne sont pas miscibles à l'état liquide, mais il le sont à l'état gazeux.*

*Le mélange de vapeur d'eau et de toluène monte dans le réfrigérant ascendant.*

*Lorsque la température diminue, les vapeurs se liquéfient dans le décanteur pour donner deux liquides non miscibles (eau et toluène).*

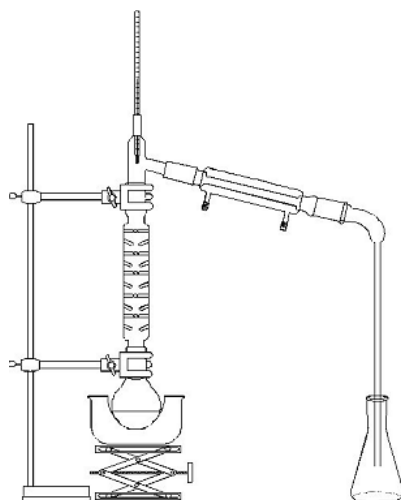


Source : d'après Gérard Dupuis - Lycée Faidherbe de LILLE  
<http://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/alcools.htm>

## Réponses :

1. Le toluène entraîne l'eau qui se forme au cours de la réaction d'estérification.
2. L'eau ( $d = 1$ ) étant plus dense que le toluène ( $d = 0,87$ ), sera située dans la partie inférieure du décanteur.
3. L'intérêt de ce dispositif est d'éliminer l'eau au fur et à mesure qu'elle se forme lors de la réaction d'estérification.
4. L'hydrolyse de l'ester ne peut plus avoir lieu.
5. Le taux d'avancement final de la réaction d'estérification va augmenter.

### 2.2. Le montage de distillation.



Source : pédagogie ; académie de Toulouse.

La distillation est un procédé qui utilise la différence de volatilité entre les constituants afin de les séparer.

Le plus volatil a une température d'ébullition plus basse que le moins volatil.

En chauffant un mélange de plusieurs espèces chimiques liquides, chaque constituant va être séparé successivement.

Le but de montage est d'isoler l'ester afin qu'il ne puisse pas réagir avec l'eau et augmenter ainsi le rendement de la réaction d'estérification.

### Question discussion réponse :

Un chimiste veut synthétiser deux esters différents : l'éthanoate de butyle et l'éthanoate de méthyle.

Il dispose d'un tableau de données sur les températures d'ébullition des différents composés intervenants dans ces synthèses.

Nom	Température d'ébullition (°C)
Ethanoate de méthyle	57,0
Méthanol	64,6
Butan-1-ol	117,5
Acide éthanoïque	118,1
Ethanoate de butyle	126,5

Il dispose d'un montage de distillation.

Peut-il l'utiliser pour la synthèse de ces deux esters ? Pourquoi ?

**Réponse :**

Il ne peut utiliser le montage de distillation que pour la synthèse de l'éthanoate de méthyle.  
En effet, l'éthanoate de méthyle a une température d'ébullition plus basse que celle du méthanol et de l'acide éthanoïque.  
L'ester sera distillé en premier et pourra être ainsi récupéré et isolé.

**Bilan des activités :**

On peut contrôler la vitesse d'une réaction chimique en :

- Augmentant (+ rapide) ou en diminuant la température (- rapide).
- Ajoutant un catalyseur (+ rapide).

On peut contrôler l'état final du système chimique en :

- Prenant un excès de l'un des réactifs.
- Éliminant l'un des produits au fur et à mesure.
  - Avec le décanteur de type Dean Stark (élimination de l'eau).
  - Avec un montage de distillation (isolement de l'ester).