

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Auteur: Philippe Morin <http://freephysique.free.fr/index.html>

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, les fruits et qui sont utilisés en parfumerie.

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

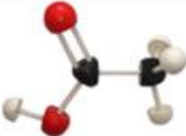



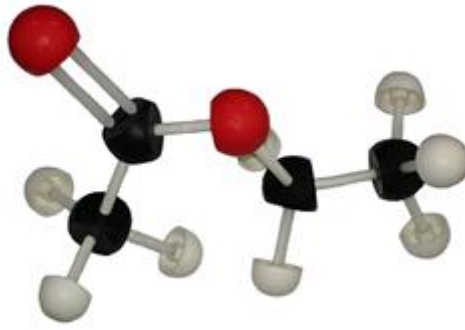
Question discussion réponse

- Reconnaître dans les modèles moléculaires suivants, les groupements alcool et acide carboxylique.
- Quels sont les noms des molécules représentées ?
- Ecrire leurs formules semi-développées.



Réponse :

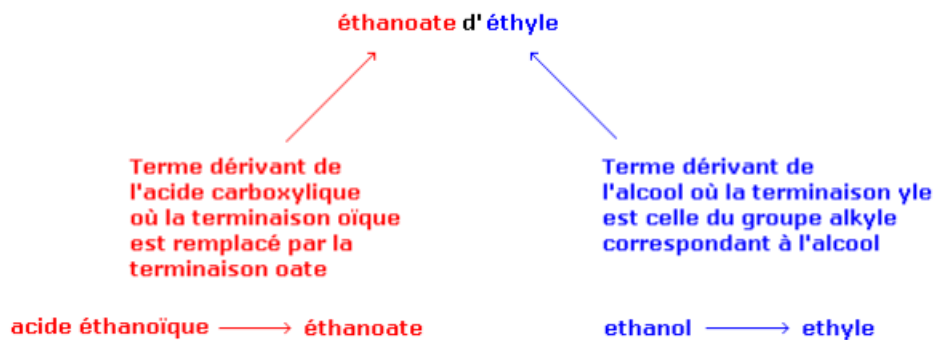
Modèle moléculaire éclaté	 Molécule n° 1	 Molécule n° 2
Groupe caractéristique	acide carboxylique -CO ₂ H	alcool -OH
Nom	Acide éthanoïque (acide acétique)	Ethanol
Formule semi-développée	CH ₃ -COOH	CH ₃ -CH ₂ OH



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.

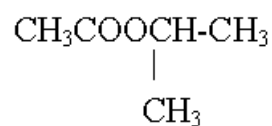
Sa formule semi-développée est $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ Il s'agit de éthanoate d'éthyle



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.

Exemple:

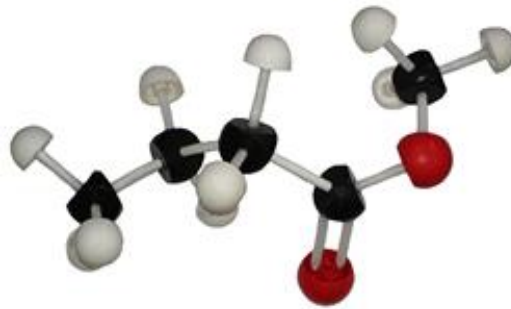


Il s'agit de l'éthanoate de 1-méthyléthyle



Questions/ réponses:

- 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.

Réponses :

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

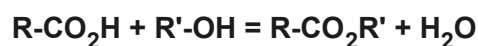
Formule et nom de l'alcool correspondant : CH_3OH méthanol

Nom de l'ester : **butanoate de méthyle**

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

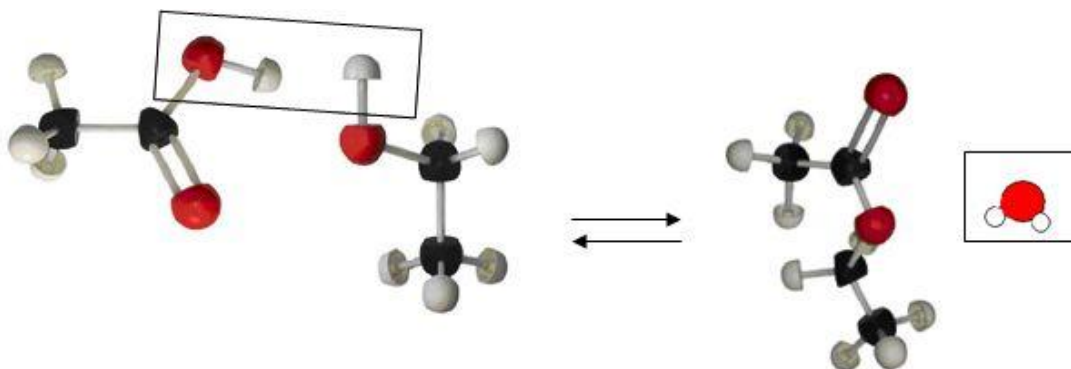
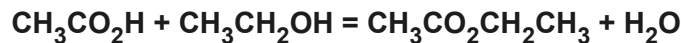
L'estérification est une réaction **lente, limitée et athermique**.

Son équation générale correspondante est :



acide + alcool = ester + eau

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



Remarque: le schéma ci-dessus montre que l'atome d'oxygène de la molécule d'eau formée provient de l'acide carboxylique. Ce mécanisme a pu être vérifié expérimentalement par marquage isotopique de l'oxygène.

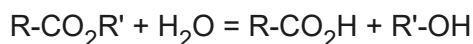
Hydrolyse d'un ester.

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 :



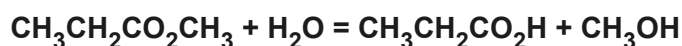
ester + eau = acide + alcool



Question – discussion - réponse

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

Réponse :



Propanoate de méthyle + eau = acide propanoïque + méthanol

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

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 H₃O⁺).

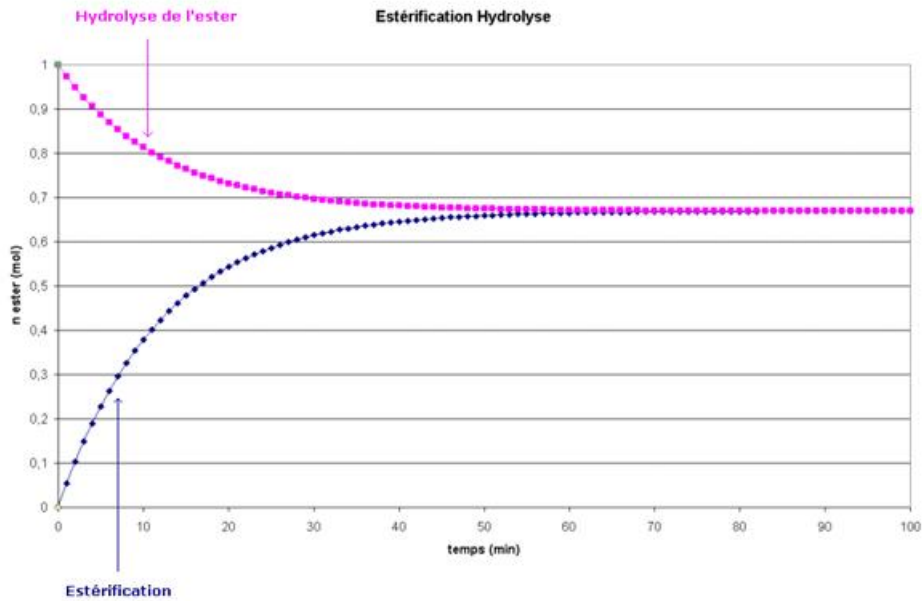
Expérience n°2 (hydrolyse) : On mélange 1,0 mol d'ester et 1,0 mol d'eau à 20°C en présence d'un catalyseur (ions H₃O⁺).

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 **p x 100**

A partir des résultats expérimentaux fournis par le graphes suivant, 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_{\max} ?
2. Quelle est la valeur de x_f et de ρ 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 conduisent à un état d'équilibre ?

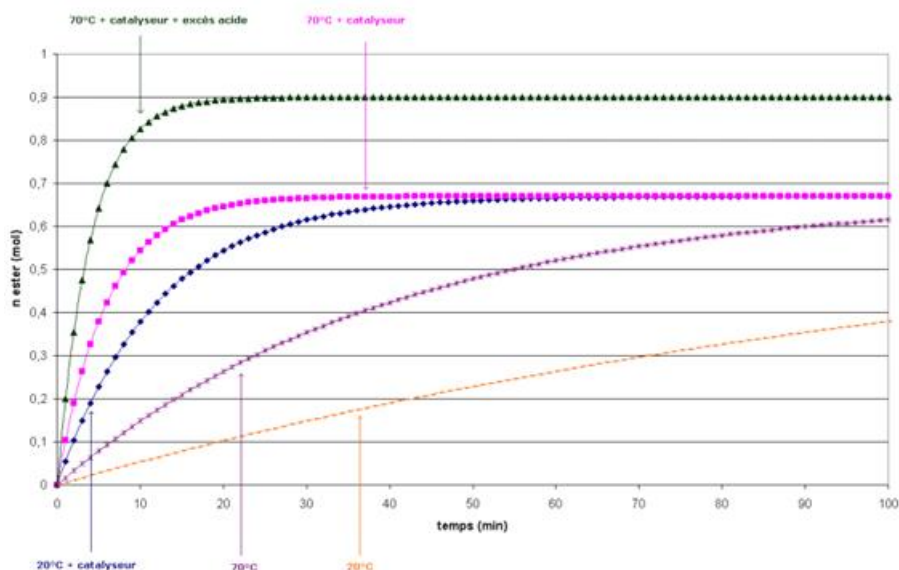
Réponses :

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



2-Influence de la composition initiale et de la température:

Les résultats apparaissent sur les courbes ci-après



Une augmentation de température du milieu réactionnel accélère l'évolution vers l'état d'équilibre sans modifier les proportions des réactifs à l'équilibre. Les conséquences de l'ajout d'un catalyseur sont identiques.

Si un réactif est en excès, l'équilibre est déplacé dans le sens de la consommation du réactif en excès. Le rendement (toujours calculé par rapport au réactif limitant) est alors supérieur à celui obtenu pour un mélange équimolaire.

Si un produit est éliminé (l'eau par exemple) au fur et à mesure de la réaction, l'équilibre se déplace dans le sens de la formation du produit éliminé.

Pour retrouver ces résultats nous conseillons au lecteur d'utiliser le logiciel de simulation proposé dans la rubrique «exemples d'activités» de la fiche pédagogique. (cliquer sur la flèche « β » en haut à gauche pour y accéder ou sur «fiche pédagogique/[composés organiques oxygénés](#)»)