

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

Chapitre 9

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

10 avril 2017

Sommaire

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

1 Introduction

2 Une nouvelle famille : les esters

3 Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

4 Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

5 Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Sommaire

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

1 Introduction

2 Une nouvelle famille : les esters

3 Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

4 Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

5 Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Sommaire

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

1 Introduction

2 Une nouvelle famille : les esters

3 Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

4 Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

5 Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Sommaire

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

1 Introduction

2 Une nouvelle famille : les esters

3 Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

4 Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

5 Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Sommaire

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1 Introduction
- 2 Une nouvelle famille : les esters
- 3 Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester
- 4 Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse
- 5 Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Introduction

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?



Les rayons de cette ruche et certains parfums du miel produit par les abeilles contiennent des espèces chimiques issues de la réaction d'un acide carboxylique avec un alcool .

Quelles sont ces espèces chimiques et comment peut-on les obtenir ?

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

La synthèse des esters demande l'intervention des composés organiques appartenant à deux grandes familles : **les alcools et les acide carboxyliques** .

1. Les alcools et les acides carboxyliques

a. **Les alcools** : Le groupe caractéristique hydroxyle $-OH$

Un alcool contient le groupe caractéristique hydroxyle $-OH$ lié à un groupe alkyle .

On note généralement un alcool :



$R-$ est le **groupe alkyle** ;
le carbone lié au groupe $-OH$ est le **carbone fonctionnel**.

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Un groupe alkyle est caractérisé par un atome de carbone engagé dans liaisons simples avec soit un atome d'hydrogène , soit un atome de carbone .

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction









Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

nomenclature des groupes alkyles :

ALKANE	ALKYL GROUP	ABBREVIATION	BOND-LINE	MODEL
$\text{CH}_3\text{—H}$ Methane	$\text{CH}_3\text{—}$ Methyl	Me-		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{—H}$ Ethane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{—}$ Ethyl	Et-		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—H}$ Propane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}$ Propyl	Pr-		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—H}$ Butane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}$ Butyl	Bu-		

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

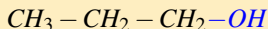
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

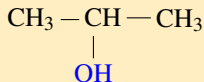
Les classes des alcools :

On désigne trois classe des alcools :

☞ **Alcool primaire** : si le carbone fonctionnel est lié à zéro ou à un atome de carbone



☞ **Alcool secondaire** : si le carbone fonctionnel est lié à deux atomes de carbones .



Alcool secondaire

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

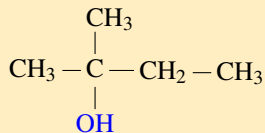
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

☞ **Alcool tertiaire** : si le carbone fonctionnel est lié à trois atomes de carbones .



alcool tertiaire

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Nomenclature des alcools

On nomme les alcools en ajoutant au nom de l'alcane correspondant le suffixe **ol** précédée de son indice de la position du carbone fonctionnel dans la chaîne carbonée principale et qui porte le numéro le plus petit possible .

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

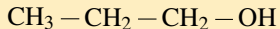
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

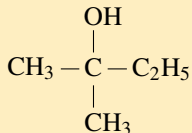
Nommer les composés organiques suivants :



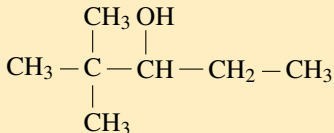
.....



.....



.....



.....

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

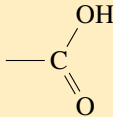
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

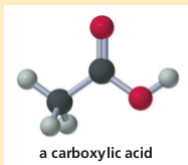
b. Les acides carboxyliques

Définition

Tous les acides carboxyliques contiennent le groupe carboxylique (-COOH) au bout de la chaîne . Ils sont symbolisés par la formule :



groupe carboxyle



I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

b. Nomenclature des acides carboxyliques .

On nomme les acides carboxyliques en ajoutant au nom de l'alcane correspondant le suffixe **oïque** et le faisant précéder du terme **acide** .

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

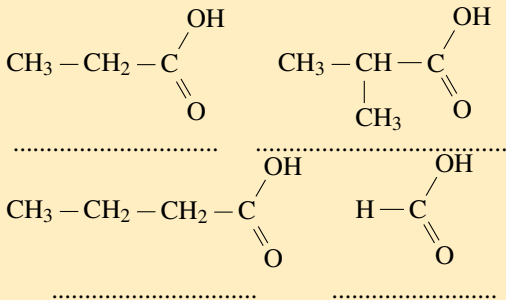
Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?



I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

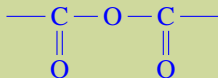
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

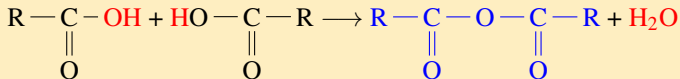
2. Anhydrides d'acides

* Définition :

Un anhydride d'acide est un composé organique qui possède le groupe caractéristique suivant :



Il résulte de l'élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'acide carboxylique, selon l'équation :



I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

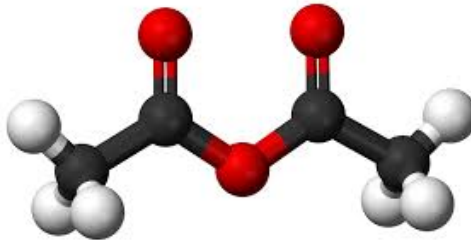
Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?



Modèle moléculaire de l'anhydride
éthanoïque

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

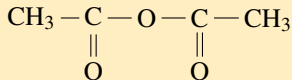
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Nomenclature :

Un anhydride se nomme en remplaçant le mot *acide* par le mot *anhydride* dans le nom de l'acide carboxylique correspondant .

* **Exemple :**



anhydride éthanoïque

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

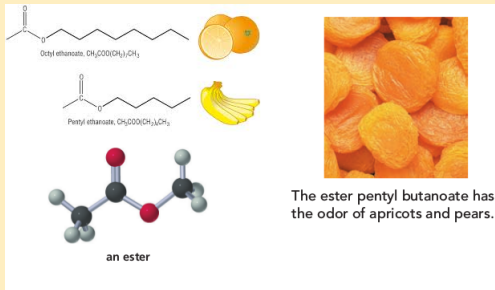
Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

3. Les esters

Les esters sont des composés odorants, que l'on trouve en abondance dans les fruits (ananas, poires, bananes, ...) Ils sont utilisés dans la fabrication des parfums ou comme aromatisants dans l'industrie alimentaire.



I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

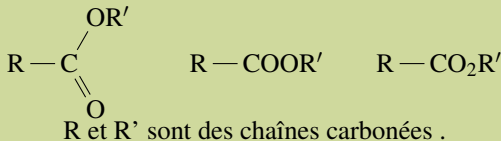
Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

* Définition :

Les **esters** possèdent un groupe caractéristique **ester** : $-COOR'$, qu'on peut noter aussi : $-CO_2R'$ voir document ci-dessous . Leur formule générale est :



I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

* Nomenclature :

Le nom d'un ester $R - COOR'$ comporte deux termes :

☞ Le premier terme la chaîne carbonée R-C contenant le carbone fonctionnel . Il dérive d'un nom de l'acide carboxylique correspondant.

La terminaison **oïque** est remplacée par "**oate**"

☞ Le seconde terme désigne la chaîne carbonée R' liée à l'atome d'oxygène . Il s'agit d'un groupe d'alkyle , il prend la terminaison **-yle** .

Dans le cas de chaînes carbonées ramifiées , la chaîne R-C est numérotée à partir du carbone fonctionnel , la chaîne R' à partir du carbone lié à l'atome d'oxygène .

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

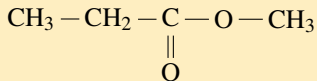
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

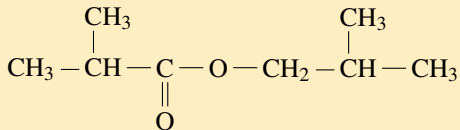
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

* Exemple :



Propanoate de méthyle



2-méthylpropanoate de 2-méthyle

I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

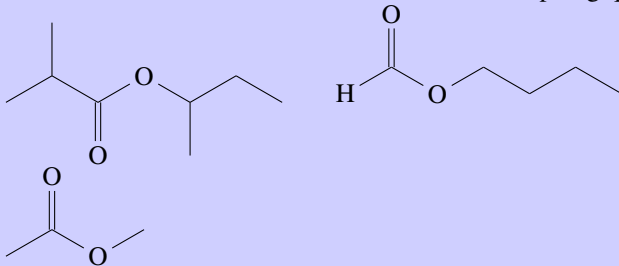
Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exercice d'application :

1. Écrire les formules semi-développées et les formules topologiques des esters dont les noms suivants :

a) acétate de méthyle ; b) éthanoate d'éthyle ; d) butanoate de méthyle ; e) 2-méthylbutanoate de 2-méthyle

2. Donner les noms des esters dont les formules topologiques suivantes :



I. Une nouvelle famille : les esters

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

3. Donner les noms des esters dont les formules semi-développées suivantes :

a) $CH_3 - COOCH_2CH_3$; b) $C_3H_7 - COOCH_3$; c) $H - COOCH_3$

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

1. Comment synthèse un ester ?

Étude expérimentale : Synthèse de l'éthanoate d'éthyle

Dans un erlenmeyer , on introduit $5ml$ d'éthanol puis $5ml$ d'acide éthanoïque (ou acétique) et quelques gouttes d'acide sulfurique.

On ferme l'erlenmeyer par un condenseur à air et agite le mélange pendant quelques minutes dans un bain-marie bouillant.

On verse le mélange dans un verre à pied contenant une solution saturée de chlorure de sodium.

On sent un odeur qui n'existe pas à l'instant où on a mélangé les deux réactifs . Il apparaît un produit insoluble dans l'eau .

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?



II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

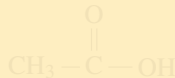
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

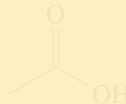
- 1. Quel est le rôle du condenseur à air ?
- Le condenseur à air évite toute déperdition de réactifs ou de produits.
- 2. Écrire les formules semi-développées et topologiques de l'éthanol et de l'acide éthanoïque .



éthanol



acide éthanoïque



II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle famille : les esters

Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

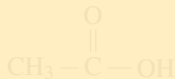
Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

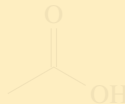
- 1. Quel est le rôle du condenseur à air ?
 - Le condenseur à air évite toute déperdition de réactifs ou de produits.
- 2. Écrire les formules semi-développées et topologiques de l'éthanol et de l'acide éthanoïque .



éthanol



acide éthanoïque



II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

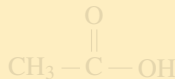
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

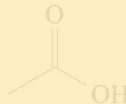
- 1. Quel est le rôle du condenseur à air ?
- Le condenseur à air évite toute déperdition de réactifs ou de produits.
- 2. Écrire les formules semi-développées et topologiques de l'éthanol et de l'acide éthanoïque .



éthanol



acide éthanoïque



II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

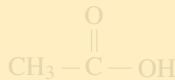
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

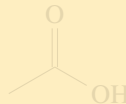
- 1. Quel est le rôle du condenseur à air ?
- Le condenseur à air évite toute déperdition de réactifs ou de produits.
- 2. Écrire les formules semi-développées et topologiques de l'éthanol et de l'acide éthanoïque .



éthanol



acide éthanoïque



II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

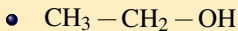
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

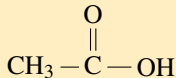
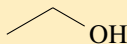
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

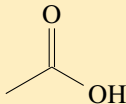
- 1. Quel est le rôle du condenseur à air ?
- Le condenseur à air évite toute déperdition de réactifs ou de produits.
- 2. Écrire les formules semi-développées et topologiques de l'éthanol et de l'acide éthanoïque .



éthanol



acide éthanoïque



II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

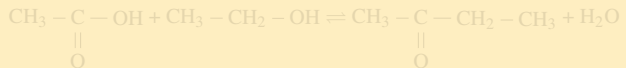
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 3. Peut-on affirmer qu'une réaction chimique s'est produite dans l'Erlemeyer ?
- Oui, on peut affirmer qu'une réaction chimique s'est produite car le produit de cette réaction est insoluble dans l'eau salée et il a une odeur qui caractérise un ester, son nom est éthanoate d'éthyle et la réaction est *une réaction d'estérification*. L'équation de cette réaction est la suivante :



- 4. Quel est le rôle joué par l'acide sulfurique ?
Les ions H^+ , fournis par l'acide sulfurique, accélèrent la réaction sans figurer dans son équation : c'est *un catalyseur*.

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

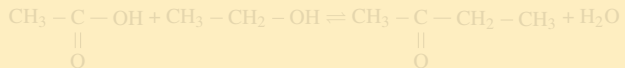
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 3. Peut-on affirmer qu'une réaction chimique s'est produite dans l'Erlemeyer ?
- Oui, on peut affirmer qu'une réaction chimique s'est produite car le produit de cette réaction est insoluble dans l'eau salée et il a une odeur qui caractérise un ester, son nom est éthanoate d'éthyle et la réaction est *une réaction d'estérification*. L'équation de cette réaction est la suivante :



- 4. Quel est le rôle joué par l'acide sulfurique ?
Les ions H^+ , fournis par l'acide sulfurique, accélèrent la réaction sans figurer dans son équation : c'est *un catalyseur*.

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

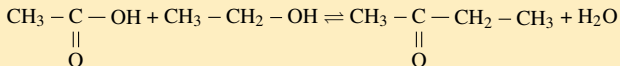
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 3. Peut-on affirmer qu'une réaction chimique s'est produite dans l'Erlemeyer ?
- Oui, on peut affirmer qu'une réaction chimique s'est produite car le produit de cette réaction est insoluble dans l'eau salée et il a une odeur qui caractérise un ester, son nom est éthanoate d'éthyle et la réaction est **une réaction d'estérification**. L'équation de cette réaction est la suivante :



- 4. Quel est le rôle joué par l'acide sulfurique ?
Les ions H^+ , fournis par l'acide sulfurique, accélèrent la réaction sans figurer dans son équation : c'est **un catalyseur**.

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

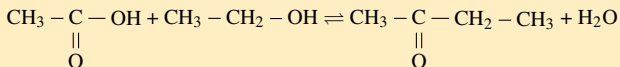
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 3. Peut-on affirmer qu'une réaction chimique s'est produite dans l'Erlenmeyer ?
- Oui, on peut affirmer qu'une réaction chimique s'est produite car le produit de cette réaction est insoluble dans l'eau salée et il a une odeur qui caractérise un ester, son nom est éthanoate d'éthyle et la réaction est **une réaction d'estérification**. L'équation de cette réaction est la suivante :



- 4. Quel est le rôle joué par l'acide sulfurique ?
Les ions H^+ , fournis par l'acide sulfurique, accélèrent la réaction sans figurer dans son équation : c'est **un catalyseur**.

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle famille : les esters

Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

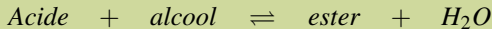
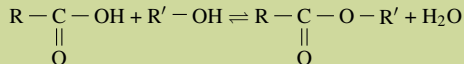
Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

* Généralisation

La méthode utilisée pour synthétiser l'éthanoate d'éthyle est générale :

Un ester peut être obtenu par la réaction d'un acide carboxylique $R - CO_2$ avec l'éthanol $R' - OH$ selon l'équation :



II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

2. Que donne l'action de l'eau sur l'ester ?

Étude expérimentale : Que se passe-t-il lorsqu'on chauffe , en milieu acide , un ester et de l'eau ?

On verse dans un petit ballon 10mL de l'eau distillée et on lui ajoute 10mL d'éthanoate d'éthyle et quelques gouttes d'acide sulfurique . On agite le mélange et on mesure le pH , on trouve $\text{pH}=7$. On réalise un montage à reflux , après une vingtaine de minutes de réaction , on arrête le chauffage .

Après le refroidissement du contenu du ballon , on constate le que le $\text{pH}=5$.

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle famille : les esters

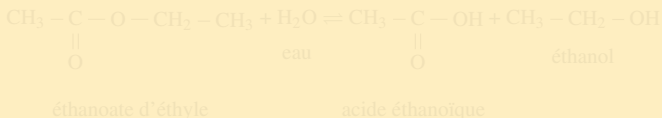
Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Exploitation

- 1. Que signifie la variation du pH ?
- Le pH du mélange diminue après le chauffage, cela signifie qu'il y a une réaction chimique et formation d'un acide.
- 2. Quelle réaction existe-t-elle entre l'eau et l'ester ?
- Il y a une réaction entre l'éthanoate d'éthyle et l'eau, qui donne comme produit l'acide éthanoïque et l'éthanol suivant l'équation chimique :



Au cours de cette réaction l'eau a hydrolysé l'*ester* : cette réaction est *une hydrolyse*.

Le rôle des ions H^+ , ils catalysent la réaction. Cette réaction est l'inverse de la synthèse d'un ester étudié précédemment.

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle famille : les esters

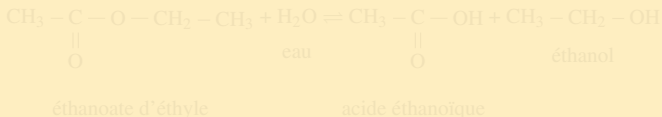
Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Exploitation

1. Que signifie la variation du pH ?
 - Le pH du mélange diminue après le chauffage, cela signifie qu'il y a une réaction chimique et formation d'un acide.
 2. Quelle réaction existe-t-elle entre l'eau et l'ester ?
- Il y a une réaction entre l'éthanoate d'éthyle et l'eau, qui donne comme produit l'acide éthanoïque et l'éthanol suivant l'équation chimique :



Au cours de cette réaction l'eau a hydrolysé l'*ester* : cette réaction est *une hydrolyse*.

Le rôle des ions H^+ , ils catalysent la réaction. Cette réaction est l'inverse de la synthèse d'un ester étudié précédemment.

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle famille : les esters

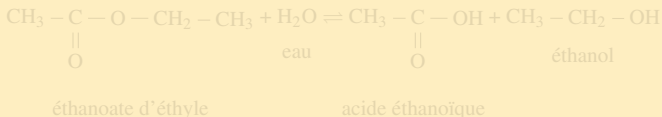
Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Exploitation

- 1. Que signifie la variation du pH ?
- Le pH du mélange diminue après le chauffage , cela signifie qu'il y a une réaction chimique et formation d'un acide .
- 2. Quelle réaction existe-t-elle entre l'eau et l'ester ?
- Il y a une réaction entre l'éthanoate d'éthyle et l'eau , qui donne comme produit l'acide éthanoïque et l'éthanol suivant l'équation chimique :



Au cours de cette réaction l'eau a hydrolysé l'*ester* : cette réaction est *une hydrolyse* .

Le rôle des ions H^+ , ils catalysent la réaction . Cette réaction est l'inverse de la synthèse d'un ester étudié précédemment .

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle famille : les esters

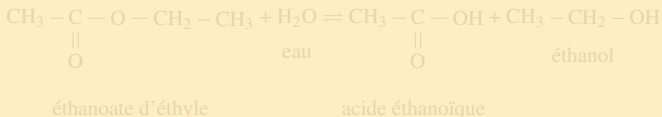
Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Exploitation

- 1. Que signifie la variation du pH ?
- Le pH du mélange diminue après le chauffage , cela signifie qu'il y a une réaction chimique et formation d'un acide .
- 2. Quelle réaction existe-t-elle entre l'eau et l'ester ?
- Il y a une réaction entre l'éthanoate d'éthyle et l'eau , qui donne comme produit l'acide éthanoïque et l'éthanol suivant l'équation chimique :



Au cours de cette réaction l'eau a hydrolysé l'*ester* : cette réaction est *une hydrolyse* .

Le rôle des ions H^+ , ils catalysent la réaction . Cette réaction est l'inverse de la synthèse d'un ester étudié précédemment .

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle famille : les esters

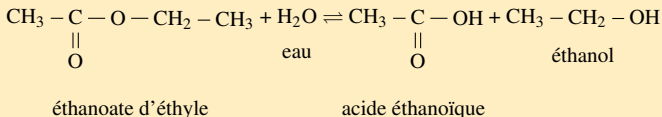
Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Exploitation

- 1. Que signifie la variation du pH ?
- Le pH du mélange diminue après le chauffage , cela signifie qu'il y a une réaction chimique et formation d'un acide .
- 2. Quelle réaction existe-t-elle entre l'eau et l'ester ?
- Il y a une réaction entre l'éthanoate d'éthyle et l'eau , qui donne comme produit l'acide éthanoïque et l'éthanol suivant l'équation chimique :



Au cours de cette réaction l'eau a hydrolysé l'**ester** : cette réaction est **une hydrolyse** .

Le rôle des ions H^+ , ils catalysent la réaction . Cette réaction est l'inverse de la synthèse d'un ester étudié précédemment .

II. Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

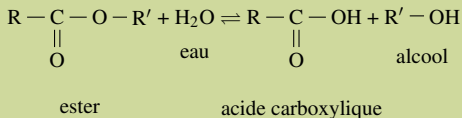
Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

* Généralisation :

les résultats de cette expérience peut être généralisés :

L'eau hydrolyse tout ester $R - COO - R'$ pour donner l'acide carboxylique $R - COOH$ et l'alcool $R' - OH$ correspondant selon l'équation suivante :



Les ions H^+ catalyse cette réaction .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

1. Caractéristiques de la réaction d'estérification

Activité 1 :

L'étude de l'estérification a été faite dès 1862, par les chimistes français Marcelin Berthelot et Léon Péon de Saint-Gilles . Voici un extrait de leur mémoire :

Les expériences consistent en général à introduire les substances que l'on fait réagir dans des vases scellés , à les chauffer à une température déterminée pendant un temps plus au moins long , à analyser les produits , enfin à calculer les résultats de l'analyse (...) Il suffit de déterminer la masse d'un seul [des constituants] , (...) pour en déduire celles de tous les autres (...) . C'est évidemment l'acide qu'il faut déterminer , car l'acide se prête à des dosages

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?



III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Le protocole expérimental :

On réalise un mélange équimolaire (stœchiométrique) d'éthanol et d'acide acétique. On répartie, après homogénéisation, en plusieurs échantillons identiques placés dans un bain-marie maintenu à la température constante de 20°C .

À intervalles de temps réguliers, un des échantillons subit une trempe et sa composition en acide qui reste, est déterminé par un titrage acido-basique par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus :

Durée t(jours)	15	22	70	128	154	277	368
Pourcentage d'acide estérifié	10,0	14,0	37,3	46,8	48,1	53,7	55,0

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de l'estérification réalisée par Berthelot et Péan De Saint - Gilles .
- $CH_3COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l) \rightleftharpoons CH_3 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l)$
- 2. Tracer le graphe représentant le pourcentage d'acide estérifié en fonction du temps .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de l'estérification réalisée par Berthelot et Péan De Saint - Gilles .
 - $CH_3COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l) \rightleftharpoons CH_3 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l)$
- 2. Tracer le graphe représentant le pourcentage d'acide estérifié en fonction du temps .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de l'estérification réalisée par Berthelot et Péan De Saint - Gilles .
- $CH_3COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l) \rightleftharpoons CH_3 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l)$
- 2. Tracer le graphe représentant le pourcentage d'acide estérifié en fonction du temps .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de l'estérification réalisée par Berthelot et Péan De Saint - Gilles .
- $CH_3COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l) \rightleftharpoons CH_3 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l)$
- 2. Tracer le graphe représentant le pourcentage d'acide estérifié en fonction du temps .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

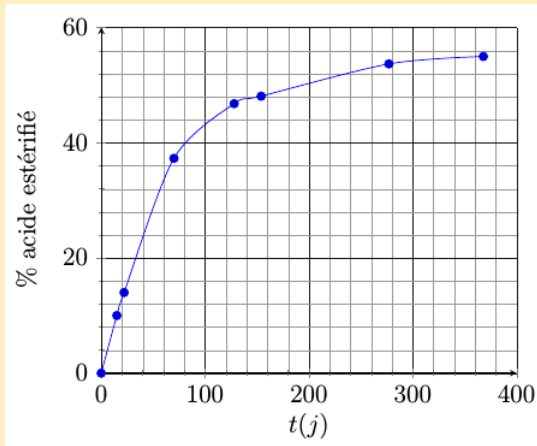
Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?



III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Ce graphe fait apparaître deux caractéristiques de la réaction d'estérification :

* Le pourcentage d'ester obtenu croît progressivement ; ***la réaction d'estérification est une réaction lente*** .

* Le pourcentage d'ester obtenu tend vers une valeur inférieure à 100% : ***la réaction d'estérification est une réaction limitée*** .

Ces résultats sont généraux :

L'estérification est une réaction lente et limitée .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

2. Caractéristiques de la réaction d'hydrolyse

Activité 2 :

En consultant les Annales de Chimie et de physique de 1862, on trouve les deux textes suivants de Péan De Saint-Gilles et Berthelot :

Un équivalent (1mol) de benzoate d'éthyle et trois équivalents (3mol) d'eau ont été chauffés vers 200°C pendant sept heures . Au bout de ce temps , la proportion d'éther (ester) décomposé s'élevait à 24,1%. Le même mélange étant chauffé vers 200°C , pendant vingt heures , la proportion a été trouvée égale à 54,6%. Ce dernier terme n'a pas été dépassé (....)

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Un équivalent de benzoate d'éthyle et quatre-vingt-trois équivalents d'eau, étant chauffés vers 200°C .

- * Au bout de deux heures, la proportion d'éther décomposé s'élevait à 18,2% ;
- * Au bout de six heures, elle s'élevait à 47,0%
- * au bout de seize heures à 88,8%

Ce dernier terme n'a pas été dépassé.

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Protocole de l'expérience :

On prépare un mélange formé d'une mole de benzoate d'éthyle et 83 mol d'eau . On répartie le mélange en plusieurs échantillons identiques placés dans un bain-marie maintenu à la température constante de $200^{\circ}C$.

À intervalles de temps réguliers , un des échantillons subit une trempe et sa composition en acide formé au cours d'hydrolyse de l'ester , est déterminer par un titrage acido-basique par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Le tableau ci-dessous donne le pourcentage d'ester hydrolysé en fonction du temps :

Durée t(jours)	2	6	16
Pourcentage d'ester hydrolysé	18,2	47,0	88,8

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse du benzoate d'éthyle
 $C_6H_5CO_2C_2H_5$
- $C_6H_5 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_6H_5 - COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l)$
- 2. À l'aide d'un diagramme en barres , représenter le pourcentage d'ester hydrolysé en fonction du temps . Quelles caractéristiques de la réaction d'hydrolyse ce graphe met-il en évidence ?

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse du benzoate d'éthyle
 $C_6H_5CO_2C_2H_5$
 - $C_6H_5 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_6H_5 - COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l)$
 - 2. À l'aide d'un diagramme en barres , représenter le pourcentage d'ester hydrolysé en fonction du temps . Quelles caractéristiques de la réaction d'hydrolyse ce graphe met-il en évidence ?

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse du benzoate d'éthyle
 $C_6H_5CO_2C_2H_5$
- $C_6H_5 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_6H_5 - COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l)$
- 2. À l'aide d'un diagramme en barres , représenter le pourcentage d'ester hydrolysé en fonction du temps . Quelles caractéristiques de la réaction d'hydrolyse ce graphe met-il en évidence ?

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

- 1. Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse du benzoate d'éthyle
 $C_6H_5CO_2C_2H_5$
- $C_6H_5 - COO - CH_2 - CH_3(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_6H_5 - COOH(l) + CH_3 - CH_2 - OH(l)$
- 2. À l'aide d'un diagramme en barres , représenter le pourcentage d'ester hydrolysé en fonction du temps . Quelles caractéristiques de la réaction d'hydrolyse ce graphe met-il en évidence ?

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

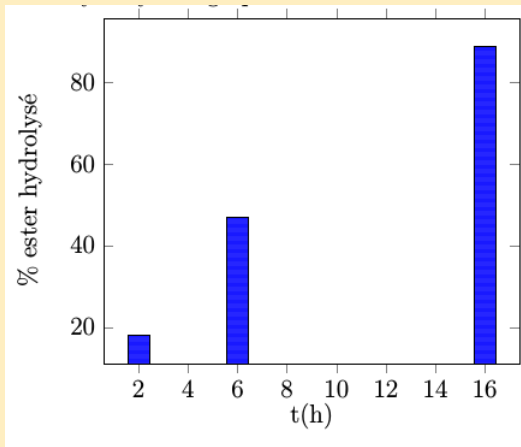
Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?



III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Le diagramme en barres montre que le pourcentage d'ester hydrolysé croît progressivement : la réaction d'hydrolyse est une réaction lente .
Le mélange initial contenant 1,00 mol d'ester et 83,0 mol d'eau ,
l'avancement maximal est : $x_{max} = 1,00mol$ et le texte indique que le pourcentage 88,8% n'a pas été dépassé donc l'avancement final vaut $x_f = 0,888mol$, donc le taux d'avancement final τ étant inférieur à 1 : la réaction d'hydrolyse est une réaction limitée .
Ce résultats est général :

L'hydrolyse est une réaction lente et limitée .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

3. Équilibre estérification-hydrolyse

Montrons que la réaction d'estérification et la réaction d'hydrolyse peuvent conduire au même état d'équilibre .

D'après l'étude expérimentale de la réaction d'estérification et la réaction d'hydrolyse, on conclue qu'un mélange équimolaire d'un alcool et d'un acide carboxylique ou un mélange équimolaire d'un ester et d'eau évoluent tous les deux vers un même **état d'équilibre** .
cet état d'équilibre est obtenu grâce à deux réactions inverse l'une de l'autre , et qui ont lieu simultanément , dès que les quatre constituants sont en présence .

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade


Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Avant que l'équilibre ne soit atteint, l'une des réactions l'emporte sur l'autre et provoque, alors la diminution de la concentration de ses réactifs.  Si la réaction d'estérification l'emporte alors la concentration en acide et en alcool décroissent et donc la vitesse d'estérification décroît, simultanément, les concentrations en ester et en eau augmentent et, en conséquence, la vitesse d'hydrolyse croît. Lorsque les vitesses de formation et de disparition deviennent égales, la composition du système cesse d'évoluer ; **l'état d'équilibre** est atteint.

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

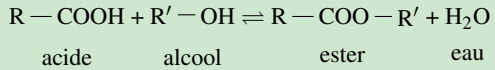
Introduction
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Les réaction d'estérification et d'hydrolyse sont inverse l'une de l'autre et ont lieu simultanément :



Elles se limitent l'une de l'autre et conduisent à un état d'équilibre chimique . Cet état est atteint lorsque la vitesse d'estérification est exactement égale à la vitesse d'hydrolyse .

Cet équilibre est caractérisé par une constante d'équilibre K :

$$K = \frac{[\text{ester}]_{eq} \cdot [\text{eau}]_{eq}}{[\text{acide}]_{eq} \cdot [\text{alcool}]_{eq}}$$

III. Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Remarque :

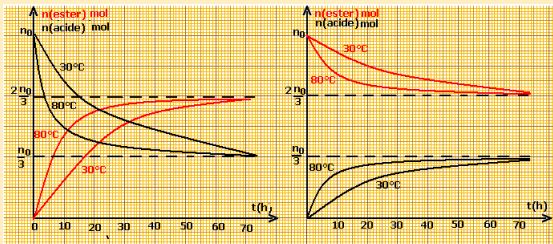
L'eau est ici un produit de la réaction et non un solvant ; sa concentration figure dans l'expression de K ou dans Q_r

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

1. Influence de la température

Activité 1

En réalisant les réactions d'estérification et d'hydrolyse pour deux valeurs de températures différentes $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$ et $\theta_2 = 80^\circ\text{C}$. Le système initial est constitué d'un mélange équimolaire (a) alcool et acide ; (b) ester et eau. Les résultats nous permettent de tracer les graphes suivants :



Influence de la température sur l'équilibre d'estérification d'un mélange équimolaire en acide et en alcool

Influence de la température sur l'équilibre d'hydrolyse d'un mélange équimolaire en ester et en eau

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exploitation :

D'après ces graphes , quel est l'influence de la température sur la vitesse de la réaction ?

Deux conclusions qu'on peut tirer de ces graphes :

- ☞ une élévation de température permet d'atteindre plus rapidement l'état d'équilibre ;
- ☞ la composition à l'équilibre de système résultant de l'évolution de mélange initiaux identiques est indépendante de la température .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Remarque :

*Ce dernier observation n'est pas générale ; il ne s'applique qu'aux équilibres chimiques qui, comme celui d'estérification-hydrolyse , sont **athermique** .*

Un système siège d'une réaction athermique , ne cède ni absorbe d'énergie thermique .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Conclusion :

Une élévation de température permet d'atteindre plus rapidement la limite de l'équilibre d'estérification -hydrolyse mais ne modifie pas cette limite .

Les constantes d'équilibre des réactions d'estérification d'hydrolyse d'ester sont indépendantes de la température . L'équilibre d'estérification-hydrolyse est athermique

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction
Une nouvelle famille : les esters

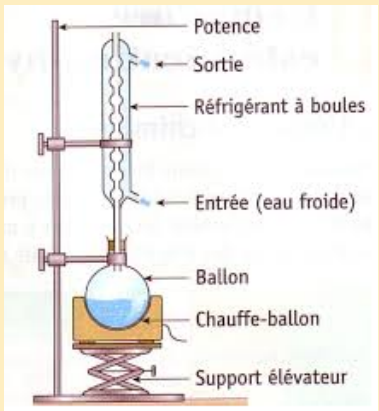
Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Remarque :

Pratiquement pour élever la température d'un milieu réactionnel , i.e augmenter la vitesse de la réaction d'estérification-hydrolyse , on réalise le montage de chauffage à reflux .



IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

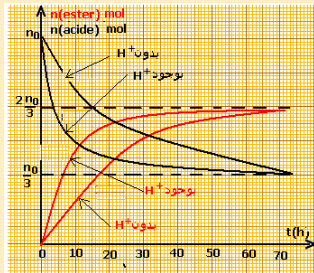
2. Influence de catalyseur

Un catalyseur est une espèce chimique qui accélère la réaction sans figurer dans son équation.

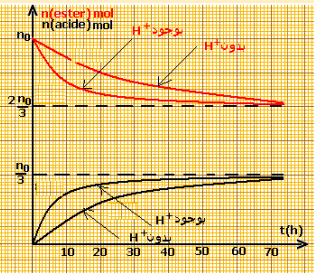
IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Activité 2

En réalisant les réactions d'estérification et d'hydrolyse en présence ou en absence d'ions H^+ pratiquement en ajoutant initialement au système quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Les résultats obtenus permettent de tracer les graphes suivants :



Influence des ions H^+ sur l'estérification d'un mélange équimolaire en alcool et en acide



Influence des ion H^+ sur l'hydrolyse d'un mélange équimolaire en ester et d'eau

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exploitation :

- 1. Quel est le rôle des ions H^+ ?
- Catalyseurs .
- 2. Leur présence modifie-t-elle l'état du système à l'équilibre ?
- En présence des ions H^+ , la valeur absolue des pentes de tous les graphes et donc la vitesse de toutes les réactions sont plus élevées : les ions H^+ catalysent les deux réactions , d'estérification et d'hydrolyse .

En absence ou en présence des ions H^+ , le système évolue vers le même état final : l'utilisation d'un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre final .

Le seul rôle du catalyseur est de permettre d'atteindre plus rapidement l'état d'équilibre .

Ce résultat est général :

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exploitation :

- 1. Quel est le rôle des ions H^+ ?
 - Catalyseurs .
 - 2. Leur présence modifie-t-elle l'état du système à l'équilibre ?
 - En présence des ions H^+ , la valeur absolue des pentes de tous les graphes et donc la vitesse de toutes les réactions sont plus élevées : les ions H^+ catalysent les deux réactions , d'estérification et d'hydrolyse .
En absence ou en présence des ions H^+ , le système évolue vers le même état final : l'utilisation d'un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre final .
Le seul rôle du catalyseur est de permettre d'atteindre plus rapidement l'état d'équilibre .
Ce résultat est général :

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exploitation :

- 1. Quel est le rôle des ions H^+ ?
- Catalyseurs .
- 2. Leur présence modifie-t-elle l'état du système à l'équilibre ?
- En présence des ions H^+ , la valeur absolue des pentes de tous les graphes et donc la vitesse de toutes les réactions sont plus élevées : les ions H^+ catalysent les deux réactions , d'estérification et d'hydrolyse .

En absence ou en présence des ions H^+ , le système évolue vers le même état final : l'utilisation d'un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre final .

Le seul rôle du catalyseur est de permettre d'atteindre plus rapidement l'état d'équilibre .

Ce résultat est général :

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exploitation :

- 1. Quel est le rôle des ions H^+ ?
- Catalyseurs .
- 2. Leur présence modifie-t-elle l'état du système à l'équilibre ?
- En présence des ions H^+ , la valeur absolue des pentes de tous les graphes et donc la vitesse de toutes les réactions sont plus élevées : les ions H^+ catalysent les deux réactions , d'estérification et d'hydrolyse .

En absence ou en présence des ions H^+ , le système évolue vers le même état final : l'utilisation d'un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre final .

Le seul rôle du catalyseur est de permettre d'atteindre plus rapidement l'état d'équilibre .

Ce résultat est général :

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exploitation :

- 1. Quel est le rôle des ions H^+ ?
- Catalyseurs .
- 2. Leur présence modifie-t-elle l'état du système à l'équilibre ?
- En présence des ions H^+ , la valeur absolue des pentes de tous les graphes et donc la vitesse de toutes les réactions sont plus élevées : les ions H^+ catalysent les deux réactions , d'estérification et d'hydrolyse .

En absence ou en présence des ions H^+ , le système évolue vers le même état final : l'utilisation d'un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre final .

Le seul rôle du catalyseur est de permettre d'atteindre plus rapidement l'état d'équilibre .

Ce résultat est général :

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

**Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse**

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

**Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?**

Un catalyseur permet d'augmenter la vitesse de réaction sans modifier l'état final

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

3. Contrôle de la réaction d'estérification-hydrolyse

La réaction d'estérification - hydrolyse est limitée, conduit vers un état d'équilibre où le taux d'avancement final $\tau < 1$ alors pour évaluer l'efficacité de la réaction d'estérification-hydrolyse, il faut définir **le rendement de la réaction**.

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

* Rendement d'une transformation chimique .

Le rendement r d'une transformation est égal au quotient de la quantité de matière expérimentalement obtenu, soit n_{exp} , par la quantité de matière maximale attendu, soit n_{max} , d'où :

$$r = \frac{n_{exp}}{n_{max}}$$

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exemple :

Une réaction d'estérification a pour rendement 60% ; si initialement le mélange est équimolaire 1,0 mol d'acide éthanoïque et 1,0 mol d'éthanol , la composition du système à l'état final est 0,6 mol d'ester , 0,6mol d'eau , 0,4mol d'acide et 0,4mol d'alcool .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

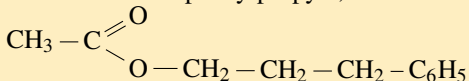
Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Exercice d'application :

On réalise l'hydrolyse , en milieu acide et en présence d'un excès d'eau , d'une quantité $n_i(\text{ester}) = 0,120\text{mol}$ d'un ester à odeur de muguet, l'éthanoate de 3-phénylpropyle, de formule :



1. Donner la formule et le nom des produits obtenus et écrire l'équation de cette réaction
2. On recueille , après séparation des produits , une quantité $n_{\text{exp}} = 0,038\text{mol}$ d'alcool ; en déduire le rendement de cette hydrolyse .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

a. Influence du pourcentage initial des quantités de matière des réactifs

Activité :

L'étude de l'état final de systèmes obtenus à partir de divers mélanges d'acide éthanoïque et d'éthanol présentant toujours la même quantité initiale de réactif limitant, ici une mole, permet d'obtenir les résultats suivants :

numéro d'expérience	Quantités initiales (mol)		$n(\text{ester})_{eq}$	Taux d'avancement final
	n_{acide}	n_{alcool}		
1	1	1	0.67	0.67
2	1	2	0.84	0.84
3	2	1	0.84	0.84
4	1	3	0.90	0.90
5	3	1	0.90	0.90

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Après l'analyse de ces résultats , quelle est votre conclusion ?

On constate que :

- ☞ quelles que soient les proportions d'acide et d'alcool, la réaction d'estérification reste limitée ;
- ☞ l'excès de l'un des réactifs augmente le taux d'avancement final de la réaction ; ☞ pour une réaction donnée , la nature du réactif en excès n'intervient pas sur l'état d'équilibre , seul l'importance de cet excès influe .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Le taux d'avancement final τ , et donc le rendement, de l'estérification sont d'autant plus importants que l'un des réactifs est en fort excès.

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Même étude fait à partir de mélanges initiaux équimolaires d'ester et d'eau montrent que :

Le taux d'avancement final τ , et donc le rendement, de l'hydrolyse d'un ester, sont d'autant plus importants que l'un des réactifs généralement l'eau est en fort excès.

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Ces résultats se retrouvent facilement en utilisant le critère d'évolution spontanée :

$$Q_{r,eq} = \frac{[ester]_{eq} \cdot [eau]_{eq}}{[acide]_{eq} \cdot [alcool]_{eq}} = \frac{n_{eq}(ester) \cdot n_{eq}(eau)}{n_{eq}(alcool) \cdot n_{eq}(acide)}$$

Si on ajoute de l'alcool au système à l'équilibre, $n(alcool)$ croît, le quotient de réaction diminue et devient inférieur à K : le système évolue spontanément dans le sens direct de l'estérification, en produisant de l'ester et d'eau. Tout en consommant de l'acide et de l'alcool jusqu'à ce que le quotient de réaction soit à nouveau égal à K : un excès d'alcool permet d'augmenter le rendement de la réaction d'estérification.

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

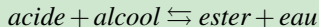
Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Soit l'équation de la réaction :



Si $Q_r < K$, le système évolue dans le sens direct , sens d'estérification .

Si $Q_r > K$; le système évolue dans le sens inverse , sens d'hydrolyse de l'ester .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Remarque :

Le taux d'avancement final d'une estérification dépend très peu de la nature d'acide carboxylique mis en jeu .

En revanche , il dépend nettement de la classe de l'alcool utilisé .

classe d'alcool	taux d'avancement final
alcool primaire	67%
alcool secondaire	60%
alcool tertiaire	5%

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

Comment améliorer le rendement d'une estérification ?

Nous venons de voir que le rendement de la synthèse d'un ester peut être amélioré par l'utilisation d'un excès de réactif .

L'utilisation d'un excès d'acide ou d'alcool augmente le taux d'avancement final de l'estérification et permet d'améliorer le rendement

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

D'autres méthodes peuvent être utilisées : elles peuvent être prévues à l'aide **du critère d'évolution spontanée** .

Le rendement de l'estérification est limité par l'existence de la réaction inverse d'hydrolyse . Cette réaction inverse ne se produit pas si l'on évite le contact entre l'ester et l'eau formée . Pour cela , il suffit d'extraire du milieu réactionnel , soit l'eau , soit l'ester, dès leur formation .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

☞ Extraction de l'ester :

Si la température d'ébullition de l'ester est nettement inférieure à celle des autres constituants du système , il est possible de l'extraire du mélange réactionnel , au fur et à mesure de sa formation , par distillation fractionnée .

☞ Élimination de l'eau :

L'eau peut être éliminée , au fur et à mesure de sa formation , soit en introduisant dans le mélange réactionnel **une substance très avide d'eau** mais sans réaction avec les autres constituants , par exemple **un desséchant comme carbonate de calcium anhydre** ., soit en utilisant des dispositifs spéciaux , tel qu'un appareil de Dean et Stark .

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse

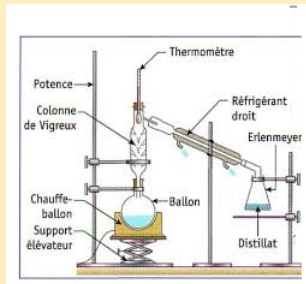
allal Mahdade

Introduction
Une nouvelle famille : les esters

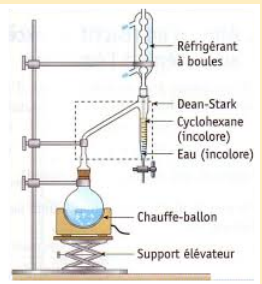
Réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester

Étude expérimentale d'état d'équilibre estérification-hydrolyse

Quels facteurs influencent cet équilibre ?



montage pour distillation fractionnée



Appareil de Dean et Stark

IV. Quels facteurs influencent cet équilibre ?

Les réactions
d'estérification et
d'hydrolyse

allal Mahdade

Introduction

Une nouvelle
famille : les esters

Réactions
d'estérification et
d'hydrolyse d'un
ester

Étude
expérimentale
d'état d'équilibre
estérification-
hydrolyse

Quels facteurs
influencent cet
équilibre ?

L'élimination de l'ester et de l'eau lors de leur formation déplace l'équilibre dans le sens direct de l'estérification et permet d'en améliorer le rendement .