

## TIPE

Synthèses de zéolites de coton.
Titrage Complexométrique
Formation du complexe
Dosage par étalonnage
Perméabilité du produit
détermination de la porosité du produit
perméabilité de la zéolite

## Introduction

- structure cristalline
- échange d'ions.

## Titration Complexométrique

### Dosage par étalonnage

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite

# Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Principe étudié  
structure cristalline  
échange d'ions.
- 3 Synthèses de zéolites de coton.
- 4 Titrage Complexométrique  
Formation du complexe  
Dosage par étalonnage
- 5 Perméabilité du produit  
détermination de porosité du produit  
perméabilité de la zéolite
- 6 Validité du modèle
- 7 Annexes

## Principe étudié

## Synthèses de zéolites de coton.

Formation du complexe

### Dosage par étalonnage

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite





# structure cristalline

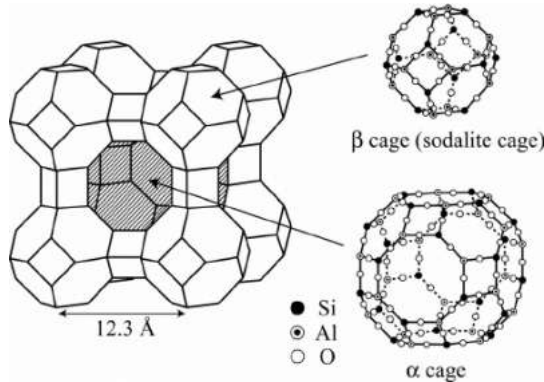


Figure: 3

Structure d'une zéolite de type A.

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

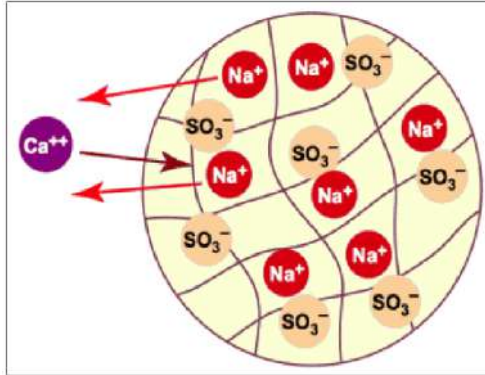


Figure 4: Principe d'échange d'ions.

## Synthèses de zéolites de coton.

## Introduction

## Titration Complexométrique

### Dosage par étalonnage

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite





Figure: 5  
solution A.



Figure: 6  
solution B.

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

## Titrage Complexométrique

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite

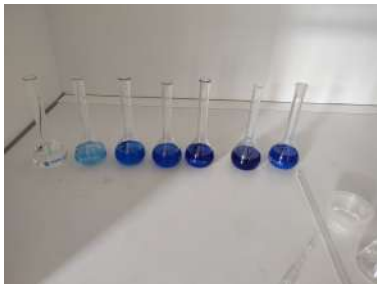


Figure: 7

Solutions avant ajout de  
oxalyldihydrazide.



Figure: 8

Solutions après ajout de  
oxalyldihydrazide.

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titration Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

# Détermination de la concentration en ions $Cu^{2+}$ d'une solution

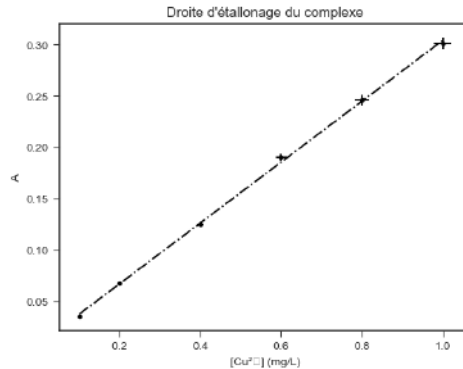


Figure: 9

Courbe  $A=f(C)$

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite



## Perméabilité du produit

Chandelier  
Axel

## Introduction

Principe étudié

## Synthèses de zéolites de coton.

## Titration Complexométrique

### Dosage par étalonnage

### Perméabilité du produit

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite

Par définition:

$$\phi = \frac{V_{\text{pores}}}{V_{\text{total}}}$$

On trouve expérimentalement:

$$V_{\text{pores}} = 8,2\text{cm}^3 \text{ et } V_{\text{total}} = 10,8\text{cm}^3$$

Ainsi:

$$\phi = (37 \pm 8)\%$$



Fig.10:Montage porosité.

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit

perméabilité de la  
zéolite

$$m \cdot s^{-1} \rightarrow K = \frac{QL}{\Delta HS}$$

Diagram showing the units for each variable in the permeability coefficient formula  $K = \frac{QL}{\Delta HS}$ :

- $Q$  (flow rate) has units  $m^3 \cdot s^{-1}$
- $L$  (length) has units  $m$
- $\Delta H$  (height difference) has units  $m$
- $S$  (cross-sectional area) has units  $m^2$

On trouve:

$$Q = 1,4 \cdot 10^{-6} m^3 \cdot s^{-1}, L = 3,5 cm$$

$$\Delta H = 2,5 cm, S = 7,0 \cdot 10^{-4} m^2$$

Ainsi:

$$K = (4,3 \pm 0,1) 10^{-5} m \cdot s^{-1}$$



Fig.11:Montage perméabilité.

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit

perméabilité de la  
zéolite



## Validité du modèle

## Introduction

## Titration Complexométrique

### Dosage par étalonnage

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite

Par définition la perméabilité intrinsèque a pour expression:

$$k = \frac{\eta K}{\rho g}$$

Diagram illustrating the units of the permeability coefficient  $k$ :

- $\eta K$  is derived from  $P_a \cdot s$  (units:  $m \cdot s^{-1}$ ) and  $m^2$ .
- $\rho g$  is derived from  $kg \cdot m^{-3}$  and  $m \cdot s^{-2}$ .

On trouve alors:

$$k = (4,3 \pm 0.1)10^{-9}m^2$$

Nombre de Reynolds:

$$Re = \frac{U d \mu}{\eta}$$

Annotations for the Reynolds number formula:

- $U$ :  $m \cdot s^{-1}$
- $d$ :  $m$
- $\mu$ :  $kg \cdot m^{-3}$
- $\eta$ :  $Pa \cdot s$

$$d = \sqrt{\frac{k}{\phi}}$$

On trouve alors:

$$v_{\max} = 102,3 m \cdot s^{-1}$$

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

## Conclusion.

La zéolite permet de traiter plus de 50 % des ions  $Cu^{2+}$  présents dans une solution. Sa capacité à se laisser traverser par l'eau est semblable au sable ainsi que sa porosité.

Les valeurs des grandeurs calculées restent valables pour des débits volumiques assez élevés.

Sa production est aisée.

C'est donc une alternative pertinente dans le domaine du traitement des eaux.

# Annexes

Chandelier  
Axel

## Introduction

Principe étudié

## Synthèses de zéolites de coton.

## Titration Complexométrique

Formation du  
complexe

### Dosage par étalonnage

## Perméabilité du produit

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite

# Loi de Darcy

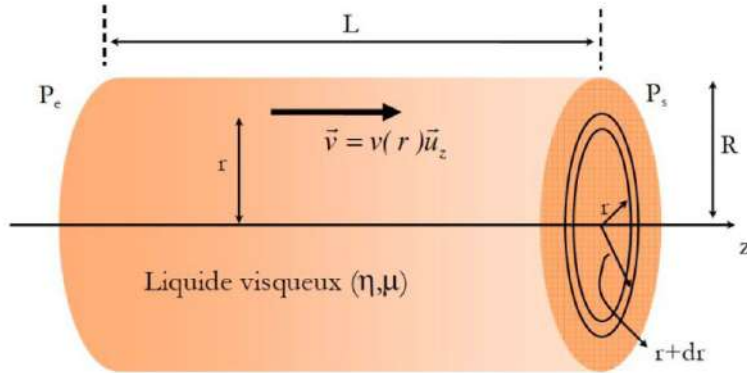


Figure: 12

Ecoulement de Poiseuille.

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titration Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

$$0 = \eta \frac{\partial v_x(r)}{\partial r} \times 2\pi r l + [P(0) - P(L)] \times \pi r^2 \quad (2)$$

On isole  $v_x(r)$  et on intègre entre  $r$  et  $a$ :

$$v_x(r) = \frac{[P(O) - P(L)]}{4\eta L} (a^2 - r^2)$$

Débit volumique :

$$D_v = \iint_{\Sigma} \vec{v} \cdot \vec{S} = \int_{r=0}^a \int_{\theta=0}^{2\pi} v_x(r) dr \times r d\theta$$

$$D_v = \frac{\pi a^4}{8\eta L} \Delta P$$

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

# Loi de Darcy-Forcheimmer

Hypothèses : mêmes que précédentes(cf annexe n°1) avec prise en compte d'effets inertiels dues à un débit important.

Loi de Darcy-Forchheimer:

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial v}{\partial t} = -\nabla p - \frac{\mu}{K}v - \frac{\alpha \rho |v|}{\sqrt{K}} \\ \frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla v \end{cases} \quad (3)$$

Nombre de Reynolds:

$$R_e = \frac{\rho^* \parallel \vec{q} \parallel * \sqrt{K}}{\mu} \quad (4)$$



# Loi de Darcy-Forcheimmer

(1) et (2) donnent :

$$K(\nabla p - \rho g) = -\mu v(1 + \alpha R_e) \quad (5)$$

Chandelier  
Axel

## Introduction

Principe étudié

## Synthèses de zéolites de coton.

## Titration Complexométrique

### Dosage par étalonnage

## Perméabilité du produit

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite

## Incertitudes: Porosité

Par définition :  $\phi = \frac{V_{\text{pores}}}{V_{\text{total}}}$

### Expérimentalement :

$$\begin{cases} m_{\text{coton sec}} = 1,3g \\ m_{\text{coton mouillé}} = 9,5g \\ \Delta m = m_{\text{vide}} = 8,2g \end{cases}$$

### Incertitudes : Porosité

Donc:

$$\begin{cases} V_{\text{pores}} = 8,2 \text{ cm}^3 \\ V_{\text{total}} = 10,8 \text{ cm}^3 \text{ avec: } \begin{cases} L = 12 \text{ cm} \\ l = 9 \text{ cm} \\ h = 0,2 \text{ cm} \end{cases} \end{cases}$$

Alors:

$$\phi = \frac{8,2}{10,8}$$

### Incertitudes : Porosité

Enfin:

$\phi = 37\%$

Incertitudes, par définition :

$$\frac{U(\phi)}{\phi} = \sqrt{\left(\frac{U(m_{\text{coton sec}})}{m_{\text{coton sec}}}\right)^2 + \left(\frac{U(m_{\text{coton mouillé}})}{m_{\text{coton mouillé}}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{\text{coton}})}{V_{\text{coton}}}\right)^2}$$

## Incertitudes: Porosité

Où:

$$U(m_{\text{coton sec}}) = \sqrt{U_{\text{lec}}^2 + U_{\text{c}}^2}$$

$$U(m_{\text{coton mouillé}}) = \sqrt{U_{\text{lec}}^2 + U_{\text{c}}^2}$$

$$U(V_{\text{coton}}) = \sqrt{U_{\text{lec}}^2}$$

Et:

$$\begin{cases} U_{\text{lec}} = \frac{U.R}{\sqrt{12}} \\ U_{\text{c}} = \frac{q}{\sqrt{12}} \end{cases}$$

Chandelier  
Axel

## Introduction

Principe  
étudié

## Synthèses de zéolites de coton.

## Titration Complexométrique

### Dosage par étalonnage

Perméabilité  
du produit

- détermination de porosité du produit
- perméabilité de la zéolite

# Incertitudes: Porosité

On trouve :

$$\begin{cases} U_{\text{lec1}} = 0,3g \\ U_{\text{lec2}} = 10^{-3}cm^3 \end{cases}$$

Donc :

$$U(\phi) = \sqrt{\left(\frac{0.29}{9.52}\right)^2 + \left(\frac{0.29}{1.33}\right)^2 + \left(\frac{0.001}{10.8}\right)^2} \times 0.37$$

Soit :

$$U(\phi) = 8\%$$

Enfin :

$$\phi = (37 \pm 8)\%$$

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

# Incertitudes:perméabilité

Par définition :

$$K = \frac{\rho k g}{\eta} \quad (6)$$

Et :

$$K = \frac{QL}{\Delta HS} \quad (7)$$

Soit d'après (2) :

$$K = \frac{1.4.10^{-6} \times 3,5}{\pi(1,2.10^{-1})^2 \times 2.5} = 4,3.10^{-5} m \cdot s^{-1}$$

Alors avec (1) :

$$k = \frac{4,3.10^{-4} \times 1,0.10^{-3}}{1,0 \times 9,81} = 4,1.10^{-9} m^2$$

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

# Incertitudes: Perméabilité

Incertitudes : par définition,

$$\begin{cases} U(L) = \sqrt{U_{\text{lec}}^2 + U_c^2} \\ U(\Delta H) = \sqrt{U_{\text{lec}}^2 + U_c^2} \end{cases}$$

Ici :

$$\begin{cases} U(Q) = \sqrt{\left(\frac{10^{-4}}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{12}}\right)^2} = 0,12 \cdot 10^{-6} m^3 \cdot s^{-1} \\ U(L) = \sqrt{\left(\frac{10^{-1}}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{10^{-1}}{\sqrt{12}}\right)^2} = 0.04 cm \\ U(\Delta H) = \sqrt{\left(\frac{10^{-1}}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{10^{-1}}{\sqrt{12}}\right)^2} = 0.04 cm \end{cases}$$

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite



# Incertitudes:perméabilité

De plus :

$$\frac{U(K)}{K} = \sqrt{\left(\frac{U(Q)}{Q}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{U(\Delta H)}{\Delta H}\right)^2}$$

Alors :

$$U(K) = 9,2 \cdot 10^{-6} m \cdot s^{-1}$$

Ainsi:

$$K = (4,3 \pm 0,1) 10^{-5} m \cdot s^{-1}$$

$$k = (4,3 \pm 0,1) 10^{-9} m^2$$

Chandelier  
Axel

Introduction

Principe  
étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de  
zéolites de  
coton.

Titrage Com-  
plexométrique

Formation du  
complexe

Dosage par  
étalonnage

Perméabilité  
du produit

détermination de  
porosité du produit  
perméabilité de la  
zéolite

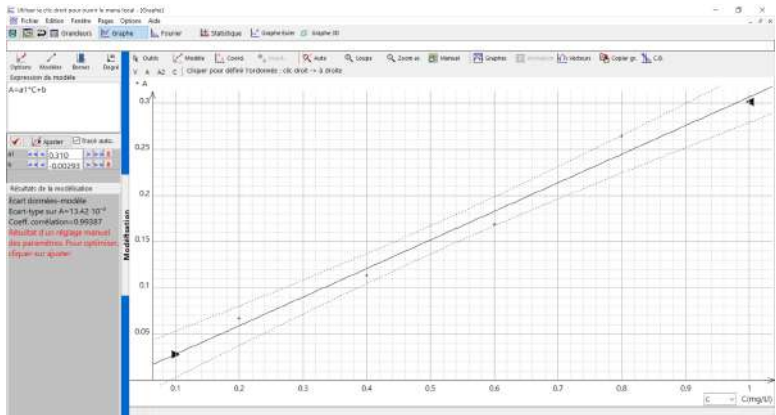


Figure: 13 : Droite étallonage

Chandelier Axel

Introduction

Principe étudié

structure cristalline  
échange d'ions.

Synthèses de zéolites de coton.

Titrage Complexométrique

Formation du complexe

Dosage par étalonnage

Perméabilité du produit

détermination de porosité du produit  
perméabilité de la zéolite