

Chapitre 2. Les membranes

2.1. Structure (déjà vu précédemment)

2.2. Caractérisation et modules membranaires des installations industrielles

Dans les procédés membranaires industriels, deux aspects sont essentiels : caractérisation des membranes, modules membranaires afin d'optimiser la sélectivité, le flux et la durée de vie.

2.2.1. Caractérisation des membranes

La caractérisation permet de déterminer les propriétés physiques, chimiques et fonctionnelles d'une membrane.

- ✓ **Flux de perméation** : $J = V/A \cdot t$

Avec : J : flux ($L/m^2 \cdot h$), V : volume de perméat, A : surface membranaire, t : temps

- ✓ **Perméabilité hydraulique** : $L_p = J/\Delta P$

Avec: ΔP : pression transmembranaire

- ✓ **Sélectivité (ou taux de rejet)** : $R = [C_f - C_p] / C_f \times 100$

Avec : C_f : concentration alimentation, C_p : concentration perméat

- ✓ **Résistance au transfert** : Selon la loi de Darcy : $J = \Delta P / \mu(R_m + R_f)$

Avec : R_m : résistance de la membrane, R_f : résistance due au colmatage

- ✓ **Taille des pores et porosité** : Distribution de taille des pores, Porosité (%)

- ✓ **Angle de contact (hydrophilie)** : mesure l'interaction eau/membrane

- ✓ **Charge de surface**

- ✓ **Techniques de caractérisation** : Techniques physiques (Microscopie électronique, topographie de surface), Techniques structurales (BET, Porosimétrie), Techniques chimiques (FTIR, XPS).

2.2.2. Modules membranaires industriels

Les membranes sont assemblées en modules pour une utilisation industrielle.

2.2.2.1. Différents modules

A. Module à plaques (Plate-and-frame)

- ✓ **Description** : membranes plates empilées séparées par des entretoises
- ✓ **Avantages** : facile à nettoyer, bonne accessibilité
- ✓ **Inconvénients** : faible densité de surface, encombrant

B. Module spiralé (Spiral wound)

- ✓ **Description** : membranes enroulées autour d'un tube collecteur
- ✓ **Avantages** : très compact, grande surface
- **Inconvénients** : sensible au colmatage, nettoyage difficile

C. Module tubulaire

- ✓ **Description** : membranes sous forme de tubes
- ✓ **Avantages** : forte résistance au colmatage, adapté aux fluides chargés
- ✓ **Inconvénients** : coût élevé, faible surface spécifique

D. Module à fibres creuses

- ✓ **Description** : milliers de fibres fines regroupées
- ✓ **Avantages** : très grande surface, très compact
- ✓ **Inconvénients** : fragile, nettoyage délicat

Comparaison des modules

Module	Surface	Colmatage	Nettoyage	Coût
Plaques	faible	faible	facile	moyen
Spiralé	élevé	élevé	difficile	faible
Tubulaire	moyen	faible	facile	élevé
Fibres creuses	très élevé	moyen	difficile	moyen

2.2.2.2. Critères de choix d'un module

Le choix dépend de :

- ✓ Nature du fluide
- ✓ Pression de fonctionnement
- ✓ Risque de colmatage
- ✓ Coût et maintenance

2.2.2.3. Applications industrielles

- ✓ Dessalement de l'eau de mer
- ✓ Traitement des eaux usées
- ✓ Industrie agroalimentaire
- ✓ Industrie pharmaceutique
- ✓ Séparation des gaz