

L'USINE NOUVELLE

SÉRIE | CHIMIE

Martine Poux

Patrick Cognet

Christophe Gourdon

GÉNIE DES PROCÉDÉS DURABLES

Du concept à la concrétisation
industrielle

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	VII
Introduction générale	1

A

Outils pour l'ingénierie des procédés durables

1 • Méthodologie de conception de procédés durables : une approche multicritère	19
1.1 Concept de développement durable en Génie des Procédés	19
1.2 Frontières du système	20
1.3 Conception de procédés durables	22
1.4 Conclusion	35
1.5 Bibliographie	15
2 • Stratégies d'optimisation du procédé	38
2.1 Introduction	38
2.2 Exemples d'études et types d'optimisation résultants	39
2.3 Méthodes d'optimisation	45
2.4 Conclusion	53
2.5 Bibliographie	55
3 • Représentation et modélisation des procédés	58
3.1 Introduction	58
3.2 Aspect informatique	59
3.3 Représentation des phénomènes par les graphes de liaison ou « Bond Graph »	60
3.4 Application des graphes de liaison au génie des procédés : cas des systèmes de dimension finie	65

3.5 Application des graphes de liaison au génie des procédés : cas des systèmes de dimension infinie	77
3.6 Conclusion générale	81
3.7 Bibliographie	81

B

Technologies et méthodes innovantes d'intensification

• Miniaturisation des procédés	86
4.1 Introduction	86
4.2 Principes de l'intensification par miniaturisation	87
4.3 Mélangeurs, contacteurs et échangeurs miniaturisés	96
4.4 Quelques exemples d'applications industrielles	109
4.5 Conclusions et perspectives	111
4.6 Bibliographie	112
• Les réacteurs multifonctionnels	115
5.1 Introduction	115
5.2 Les réacteurs-échangeurs	118
5.3 Distillation réactive	128
5.4 Conclusion	145
5.5 Bibliographie	145
• Techniques d'activation par ultrasons et micro-ondes	150
6.1 Apport des ultrasons dans les procédés	150
6.2 L'énergie micro-ondes dans les procédés	167
6.3 Couplage entre techniques d'activation	191
6.4 Conclusion	195
6.5 Bibliographie	196
• Intensification par la formulation	201
7.1 Introduction	201
7.2 Concepts physico-chimiques de la formulation	201
7.3 Applications en réactivité	209

7.4 Conclusion	224
7.5 Bibliographie	225

C

Nouvelles générations de procédés

8 • Les fluides supercritiques	231
8.1 Généralités sur les fluides supercritiques	231
8.2 Le CO ₂ , le fluide supercritique pertinent pour le développement durable	234
8.3 Les grands domaines d'application	236
8.4 Thermodynamique des mélanges haute pression	240
8.5 Architecture générale d'un procédé supercritique	243
8.6 Conclusions et perspectives	248
8.7 Bibliographie	248
9 • Les liquides ioniques	251
9.1 Que sont les liquides ioniques ?	251
9.2 Utilisation des liquides ioniques comme solvant	258
9.3 Les Liquides Ioniques à Tâches Spécifiques (LITS) et Sels d'Onium à Tâches Spécifiques (SOTS)	263
9.4 Conclusion	273
9.5 Bibliographie	273
10 • L'eau comme solvant et réactions sans solvant	276
10.1 L'eau comme solvant	276
10.2 Les réactions sans solvant	289
10.3 Bibliographie	303
11 • Procédés électrochimiques pour un développement durable	307
11.1 Introduction	307
11.2 Rappels d'électrochimie et de génie électrochimique	309

Electrosynthèse organique
 Procédés électrochimiques de génération d'oxydants puissants et de désinfection
 Bibliographie

335

Chimie photocatalytique
 Introduction
 Historique
 Principes Fondamentaux
 Nature des réactions photocatalytiques
 Applications environnementales
 Photocatalyse en chimie fine
 Génie photocatalytique académique
 Conclusions et perspectives
 Bibliographie

365

Biocatalyse et Bioprocédés
 Introduction
 Biocatalyseurs et ingénierie de biocatalyseurs
 Atouts de la biocatalyse pour les procédés durables
 Ingénierie de bioprocédés
 Technologies et mises en œuvre de bioréacteurs
 Modélisation de bioréacteurs enzymatiques et cellulaires
 Exemples de simulation et d'optimisation de bioprocédés
 Bibliographie

390

Apports de la catalyse à une chimie durable
 1 Introduction
 2 Sélectivité, économie d'atomes
 3 Énergie
 4 Utilisation de la biomasse comme vecteur énergétique
 5 Catalyse environnementale
 6 Bibliographie

Quelques voies prometteuses**15 • Structure et ingénierie du matériau cellulosique 413**

15.1 Introduction 413
 15.2 Structure et architecture de la cellulose 414
 15.3 Les enjeux de demain ? Une économie basée sur la cellulose 426
 15.4 Conclusion 438
 15.5 Bibliographie 439

16 • Conception produit-procédé assistée par ordinateur 443

16.1 Objectifs 443
 16.2 Mettre en œuvre la conception Produit-procédé 448
 16.3 Être au cœur d'un laboratoire de génie des procédés, ouvert à l'interdisciplinarité 466
 16.4 Bibliographie 467

Index 471