

LISTE DES AUTEURS

J.C. ANDRÉ

Département de Chimie et Physique
des Réactions, URA CNRS n° 328
GdR "Procédés optiques" n° 1080 du
CNRS, Institut National Polytechnique de
Lorraine, ENSIC,
1 rue Grandville, BP 451
54001 NANCY Cedex

G. BOISDÉ

Laboratoire d'Electronique, de Technologie
et d'Instrumentation/Département
d'Electronique et d'Instrumentation
Nucléaire
Centre d'Etudes de Saclay
91191 GIF/YVETTE Cedex
Adresse actuelle :
30 rue Charles de Gaulle
91440 BURES/YVETTE

J. BOUDRANT

Laboratoire des Sciences du Génie
Chimique, UPR CNRS n° 6811,
Institut National Polytechnique de Lorraine
INSAIA
2 avenue de la forêt de Haye, BP 172
54305 VANDŒUVRE-LES-NANCY

B. CABANE

Gist Brocades S.A.
15 rue des Comtesse
BP 239
59472 STCLIN

D. CANET

Laboratoire de méthodologie RMN,
LESOC URA CNRS n° 406
Université de Nancy I, BP 239
54506 VANDŒUVRE-LES-NANCY

H. CELLARD

Elf Bio-Recherches
voie n° 1
31676 IABFGE Cedex

A. CHÉRU

Laboratoire d'Automatique de Grenoble
URA CNRS n° 228, Institut National
Polytechnique de Grenoble, ENSIEG
BP 46
38402 SAINT MARTIN D'HÈRES

M. COMTAT

Laboratoire de Génie Chimique
URA CNRS n° 192
Laboratoire de Génie Chimique et
Electrochimie, Université Paul Sabatier,
118 route de Narbonne
31062 TOULOUSE Cedex

G. CORRIEU

INRA - Laboratoire de Génie
des Procédés Biotechnologiques
Agro-alimentaires
78850 THIVERVAL-GRIGNON

T A B L E D E S

M A T I È R E S

<i>Préface</i>	P. J. SICARD	V
<i>Avant-propos</i>	La biotechnologie accède à la rigueur quantitative D. THOMAS	VII
<i>Introduction</i>	J. BOUDRANT, G. CORRIEU, P. COULET	IX

PARTIE I

MESURES ACTUELLES

1. Capteurs physiques	1 Introduction	4
J. L. ROMETTE	2 Mesure de la température	4
	• Thermocouple • Thermistance • Semi-conducteurs/Transistors • Résistance de platine	
	3 Mesure de masse	12
	4 Débit gazeux	13
	• Débitmètre à turbine • Débitmètre à pression différentielle • Rotamètres • Débitmètre massique	
	5 Débit liquide	17
	• Pompe volumétrique • Mesure du poids • Débitmètre électromagnétique	
	6 Mesure de la vitesse d'agitation	20
	7 Mesure de la puissance consommée	22
	8 Mesure de la pression	23
	9 Mesure du niveau de mousse	25
	• Sonde capacitive • Sonde conductive • Sonde thermique	
	Conclusion	27
	Références bibliographiques	29
2. Capteurs physico-chimiques	1 Généralités	32
J. C. GRESSIN, J. GUÉRIN	• Introduction • Caractéristiques d'un capteur	
	2 Mesure du pH	34
	• Introduction • Théorie de la mesure du pH • Appareillage • Performances • Conseils pratiques • Domaine d'application ; Conclusion	

3 Mesure du potentiel d'oxydo-réduction —	59
• Introduction • Principe de la mesure • Matériel/Performances • Conseils pratiques • Exemples d'application ; Conclusion	
4 Mesure de l'oxygène dissous —	65
• Introduction • Principe • Calibration • Matériel • Conseils pratiques • Conclusions	
5 Mesure du dioxyde de carbone dissous —	77
• Introduction • Principe • Matériel/Performances • Conseils pratiques • Applications ; Conclusion	
Références bibliographiques —	82

3. Les mesures de biomasse

J. BOUDRANT

1 Mesure de la concentration en biomasse —	86
• Méthodes pondérales et gravimétriques • Méthodes optiques • Mesures physiques • Méthodes électrochimiques • Méthodes acoustiques, sondes piezoélectriques	
2 Dénombrement cellulaire —	103
• Méthode optique • Méthodes biologiques • Tri et dénombrement automatiques	
3 Détermination de composants du milieu et de composants cellulaires —	111
• Analyse de composants cellulaires • Analyse des concentrations en nutriments • Analyse des produits formés	
Conclusion —	117
Références bibliographiques —	119

4. Analyses sur sites, bilans gazeux et thermiques

B. CABANE, H. CELLARD

1 Analyses de gaz —	128
• Composés volatils analysés dans les gaz de fermentation • Analyseurs de gaz	
2 Bilans gazeux —	150
• Établissement des bilans gazeux et caractéristiques respiratoires d'une culture • Exemples d'utilisation des mesures de gaz et bilans gazeux • Conclusion	
3 Les bilans thermiques et leurs limites —	161
• Bilans thermiques en fermentation • Méthodes utilisées pour l'établissement de bilans thermiques • Conclusion	
Conclusion générale —	166
Références bibliographiques —	167

5. Traitement des signaux et des données

G. TRYSTRAM

1 Introduction —	170
2 Capteur et chaîne de mesure —	174
• Un exemple d'instrumentation de fermenteur • Conditionnement et transmission de signaux • Utili-	

• Conclusion	
3 Prétraitement numérique de signaux — 180	
• Échantillonnage • Lissage des signaux • Mémo-	
risation des données • Calcul de données cinétiques	
• Conclusion	
Conclusion générale — 189	
Références bibliographiques — 190	
Annexes — 191	
• Lissage linéaire • Lissage sur trois points par la tech-	
nique de l'arc de cercle	

PARTIE II

NOUVEAUX DÉVELOPPEMENTS

6. Adaptation de mesures physico-chimiques	
G. PICQUE, B. PERRET, E. LATRILLE, G. CORRIEU	
1 Mesure de la densité des liquides — 198	
• Introduction • Mesure de la densité par différence de	
pression • Mesure de la densité par circulation du	
liquide dans un tube vibrant (mesure à effet Coriolis)	
2 Mesure de l'indice de réfraction — 205	
• Principe de mesure • Description des réfractomètres	
industriels • Applications en biotechnologie	
3 Mesure de la viscosité — 208	
• Introduction • Définitions, comportements rhéolo-	
giques et principe de mesure • Mesure en ligne de la	
viscosité • Conclusion	
4 Mesure de la conductivité électrique — 217	
• Introduction • Principes de mesure • Appareils et	
types de sondes • Applications principales de la	
conductimétrie en biotechnologie • Conclusion	
5 Utilisation de semi-conducteurs sensibles aux	
gaz — 234	
• Descriptions et mécanismes réactionnels • Applica-	
tions • Conclusion et perspectives	
Références bibliographiques — 238	
7. Couplage de bioréacteurs et d'analyseurs	
I. MARC	
1 Introduction — 244	
2 Systèmes d'analyse dans l'espace	
de tête — 244	
3 Échantillonneurs à membrane pour molécules	
à l'état de vapeur — 246	
• Principe de fonctionnement • Le gaz collecteur • La	

membrane • Le détecteur • Propriétés intrinsèques des échantillonneurs de vapeurs • Paramètres ayant une influence sur les performances des échantillonneurs à membranes • Intérêt de la modélisation du comportement d'un échantillonneur de vapeurs

4 Échantillonneurs automatiques de milieu

liquide ————— 260

• Description et principe de fonctionnement des principaux échantillonneurs • Techniques analytiques associées

Conclusion et perspectives ————— 273

Références bibliographiques ————— 275

8. Biocapteurs électrochimiques pour le contrôle des bioprocédés

M. COMTAT, P. COULET

1 Le transducteur électrochimique

ou électrode ————— 284

• Détection potentiométrique • Détection ampérométrique

2 La couche de reconnaissance moléculaire 293

• Les différents types d'éléments sensibles • Les différentes méthodes d'immobilisation ou de confinement

3 L'association transducteur-couche de reconnaissance moléculaire : réalisation d'électrodes enzymatiques ————— 298

• Les contraintes • Electrodes enzymatiques à détection potentiométrique • Electrodes enzymatiques à détection ampérométrique

4 Tendances actuelles en recherche et développement pour les biocapteurs électrochimiques ————— 301

• Méthodes d'activation du transfert électronique hétérogène • Modélisation et optimisation

5 Applications ————— 305

• Apport des biocapteurs électrochimiques dans le contrôle des procédés • Réalisations industrielles • Perspectives

Références bibliographiques ————— 312

9. Application de l'analyse d'images

H. VIVIER, M.N. PONS

1 Introduction générale ————— 316

2 Acquisition des images ————— 317

• Visualisation • Préparation des échantillons • Numérisation

3 Traitement des images ————— 319

• Introduction • Image en niveaux de gris • Binarisation • Images binaires

	4 Extraction de l'information —————	329
	• Paramètres de base • Objets déconnectés • Objets connexes • Orientation • Limites et erreurs	
	5 Les systèmes d'analyse d'images ———	338
	• Architecture de base • Type de systèmes d'analyse d'images • Interface système - utilisateur	
	6 Applications —————	341
	• Introduction • Le comptage des microorganismes • Taille et morphologie • Cellules et microorganismes fixés • Dosage de substances • Analyse d'images en épifluorescence	
	Conclusion —————	350
	Références bibliographiques —————	352
10. Potentiel de certaines mesures physiques	1 Introduction —————	356
J.C. ANDRÉ, D. CANET	2 Rappels sur les méthodes de mesure —	360
	• Spectroscopie d'absorption simple • Spectroscopie RMN • Spectroscopie d'émission • Chimiluminescence et bioluminescence • Autres effets	
	3 Comment répondre au besoin en prise d'infor- mation : quelques exemples —————	379
	• Introduction • Comment répondre au besoin en prise d'information ? • Exemple 1 : Les techniques photophy- siques utilisables en immuno-analyse • Exemple 2 : La fluorescence du NADH • Exemple 3 : Effet d'un cisailie- ment sur des milieux biologiques • Exemple 4 : La RMN : Détermination des proportions isotopiques et déterminations structurales des biomolécules • Exemple 5 : Application des spectroscopies de vibration en biolo- gie	
	Conclusion —————	399
	Références bibliographiques —————	403
11. Les fibres optiques et guides d'ondes en biotechnologie	1 Introduction —————	406
G. BOISDÉ	2 Les principes de mesures par fibres optiques —————	408
	• Guides d'onde et transmission de signaux • Les cap- teurs à fibres optiques • Les techniques de mesure	
	3 Applications —————	429
	• Biotechnologies • Biotechnologie agro-alimentaire • Autres applications	
	4 Avantages des CFO - Limites - Perspectives -	
	Conclusion —————	437
	Références bibliographiques —————	436

**12. Des mesures
indirectes à
l'estimation en ligne**

A. CHÉRLY, J.M. FLAUS

1 Introduction	444
2 De la mesure indirecte à l'estimation	444
3 Mesure indirecte statique	448
• Connaissances requises • Principe de la méthode	
• Exemple d'application • Conditions d'applicabilité et limites de la méthode • Cas d'une mesure bruitée	
4 Mesure indirecte dynamique	451
• Connaissances requises • Principe de la méthode	
• Exemple d'application • Conditions d'application et limites de la méthode	
5 Estimation d'état et de paramètres : préliminaires théoriques	456
6 Estimation partielle de l'état et les paramètres cinétiques : approche déterministe	459
• Observateur adaptatif • Cas particulier : estimateur de paramètres cinétiques lorsque l'état est mesuré	
7 Estimation partielle de l'état et des paramètres : approche stochastique	464
• Filtre de Kalman adaptatif • Autre approche : estimateur RPE	
8 Estimation complète de l'état : approche déterministe	470
• Observateur étendu • Observateur non-linéaire	
9 Estimation complète de l'état : approche stochastique filtre de Kalman étendu	476
• Connaissances requises • Principe de la méthode	
• Application type • Limites de la méthode	
Conclusion	480
Références bibliographiques	482
Annexes	484

INDEX

488