

*Chapitre 28*

**Complexométrie I :**

**mercurimétrie (méthode de Votocek-Dubsky)**

425	
426	
429	1. Difficulté majeure rencontrée lors de la mise en œuvre de titrages par complexation..... 497
432	2. Mercurimétrie – Méthode de Votocek-Dubsky ..... 499

*Chapitre 29*

**Complexométrie II : titrages par l'edta**

435	
436	
437	
439	
440	1. Quelques propriétés de l'edta ..... 507
443	2. Courbe de titrage direct d'un ion métallique par l'edta ..... 511

*Chapitre 30*

**Complexométrie III :**

**indicateurs métallochromes et différents types de titrages par l'edta**

445	
445	
445	1. Principaux indicateurs métallochromes ..... 521
450	2. Types de titrages par l'edta ..... 526
452	3. Détermination des anions par l'edta ..... 534
455	4. Autres complexons ..... 535

*Chapitre 31*

**Applications de la formation de complexes en analyse minérale**

57	
58	
70	
73	
	1. Analyse minérale qualitative..... 539
	2. Analyse minérale quantitative..... 561

*Chapitre 32*

**Applications de la formation de complexes à l'analyse organique**

9	
0	
3	
5	
3	
3	
	1. Formation de complexes avec Fe <sup>3+</sup> et Fe <sup>2+</sup> ..... 567
	2. Formation de complexes avec Cu <sup>2+</sup> ..... 581
	3. Formation de complexes avec Ag <sup>+</sup> ..... 588
	4. Formation de complexes avec Co <sup>2+</sup> ..... 589
	5. Formation de complexes avec Hg <sup>2+</sup> ..... 592
	6. Formation de complexes divers et applications analytiques..... 593

*Cinquième partie***Phénomènes de précipitation  
Applications analytiques***Chapitre 33***Solubilités intrinsèque, ionique et totale – Produit de solubilité  
Précipitation**

1. Produit de solubilité et solubilité intrinsèque . . . . .
2. Généralisation du concept de produit de solubilité . . . . .
3. Justification thermodynamique du concept de produit de solubilité . . . . .
4. Solubilité intrinsèque, produit de solubilité et solubilité totale . . . . .
5. Difficultés rencontrées lors du calcul de la solubilité . . . . .

*Chapitre 34***Influence de la force ionique et de la présence d'ions communs  
sur la solubilité – Superposition de plusieurs équilibres  
de précipitation**

1. Influence de la force ionique sur la solubilité . . . . .
2. Effet d'ion commun : recul de précipitation . . . . .
3. Superposition de deux équilibres de précipitation – Séparation par précipitation . . . . .

*Chapitre 35***Solubilité et pH**

1. Solubilité des solutés à caractère acide ou basique en fonction du pH . . . . .
2. Solubilité des sels peu solubles en fonction du pH . . . . .
3. Précipitation fractionnée des ions en mélange en fonction du pH . . . . .

*Chapitre 36***Précipitation et complexation**

1. Dissolution d'un précipité par complexation de l'ion métallique le constituant – Généralités . . . . .
2. Dissolution d'un précipité par complexation – Aspects quantitatifs . . . . .
3. Dissolution d'un précipité par complexation – Aspects quantitatifs plus élaborés . . . . .
4. Destruction d'un complexe par formation d'un précipité . . . . .
5. Séparation par complexation et précipitation . . . . .

*Chapitre 37***Étude théorique de quelques courbes de titrage par précipitation**

1. Titrage symétrique : titrage d'un ion halogénure par l'ion  $\text{Ag}^+$  et inversement . . . . .
2. Titrages dissymétriques . . . . .

*Chapitre 38***Méthodes titrimétriques impliquant la précipitation**

1. Argentométrie .....	679
2. Argentométrie en milieu acide : méthode de Charpentier-Volhard .....	680
3. Argentométrie en milieu neutre ou faiblement alcalin : méthode de Mohr .....	683
4. Argentométrie en milieu neutre ou faiblement acide : méthode de Fajans .....	686
5. Méthode de Liebig-Denigès .....	687
6. Autres méthodes par précipitation .....	690

*Chapitre 39***Gravimétrie par précipitation**

1. Principe et quelques définitions .....	691
2. Conditions de la réussite d'un dosage gravimétrique .....	692
3. Insolubilité du précipité dans le milieu dans lequel il se forme .....	693
4. Composition du précipité – Impuretés d'un précipité .....	694
5. Obtention d'un précipité convenable .....	698
6. Technique de la précipitation homogène .....	700
7. Le facteur gravimétrique .....	702
8. Sensibilité de la gravimétrie .....	704
9. Quelques aspects pratiques .....	705
10. Quelques caractéristiques de la gravimétrie par précipitation .....	706

*Chapitre 40***Quelques applications du phénomène de précipitation en analyses qualitative et quantitative, minérale et organique**

1. Argentométrie .....	709
2. Autres méthodes titrimétriques invoquant le phénomène de précipitation .....	717
3. Gravimétrie .....	719
4. Analyse organique qualitative .....	724
5. Analyse qualitative minérale .....	728

*Sixième partie***Milieus non aqueux  
Phénomènes acide-base***Chapitre 41***Généralités  
Classifications des solvants**

1. Classifications générales des solvants .....	734
2. Classification des solvants suivant leur caractère dissociant .....	734
3. Classification des solvants du point de vue de l'acido-basicité .....	734
4. Pouvoir prototropique du solvant .....	735

*Chapitre 42***Solvants dissociants et peu dissociants – Paires d'ions  
Conséquences**

1. Définition d'une paire d'ions .....
2. Mise en évidence de l'existence de paires d'ions .....
3. Rôle de la constante diélectrique du solvant dans la dissociation des paires d'ions .....
4. Constantes d'association des paires d'ions .....
5. Paires d'ions dans l'eau .....
6. Distinction entre ionisation et dissociation .....
7. Rappels : les paires d'ions en chimie analytique .....

*Chapitre 43***Insuffisances de l'eau solvant en titrimétrie**

1. Pouvoir de dissolution réduit des composés organiques .....
2. Effets de nivellement .....
3. Mauvais positionnement de certains couples acide-base sur l'échelle d'acidité dans l'eau .....
4. Explications .....

*Chapitre 44***Acido-basicité dans les solvants moléculaires amphiprotiques de haute constante diélectrique**

1. Généralités sur ces solvants .....
2. Théorie des phénomènes acide-base .....
3. Positionnement de la force d'un même couple acide-base dans deux solvants différents : niveaux d'acidité absolue obtenus dans les solvants .....
4. Niveaux d'acidité obtenus dans les solvants : cas du méthanol et de l'éthanol .....
5. Quelques valeurs pKa dans l'éthanol et le méthanol, conséquences analytiques et quelques applications .....
6. Explications à partir de la théorie de Born .....

*Chapitre 45***Acido-basicité dans l'acide acétique anhydre**

1. Généralités .....
2. État des acides et des bases dans l'acide acétique .....
3. Conséquences .....
4. Comportement particulier des indicateurs colorés .....
5. Échelles d'acidité et échelle d'acidité unique .....
6. Acidité absolue dans l'acide acétique anhydre .....
7. Conséquences analytiques et quelques applications .....
8. Exemples de courbes de titrage .....
9. Étude d'une courbe de titrage en milieu acide acétique anhydre : valeurs du pH en quelques points remarquables .....
10. Étude théorique des courbes de titrage .....

Chapitre 46

**Phénomènes acide-base dans divers solvants**

.. 737	1. Autre solvants amphiprotoniques .....	773
.. 738	2. Solvants moléculaires protophiles et non protogènes .....	774
.. 740	3. Solvants inertes .....	776
.. 741	4. Mélanges de solvants .....	776

Chapitre 47

**Exemples d'applications de titrages en milieux non aqueux :  
indication des points équivalents**

.. 742	1. Exemples d'applications .....	779
.. 743	2. Indication des points équivalents .....	782

Chapitre 48

**Acidité absolue**

.. 745	1. Intérêt du concept d'acidité absolue .....	785
.. 745	2. Échelle d'acidité absolue .....	786
.. 746	3. Coefficient d'activité de solvation .....	786
.. 747	4. Relation entre les valeurs des constantes d'un même équilibre chimique dans deux solvants différents .....	787
S	5. Détermination des coefficients d'activité de solvation .....	788
.. 749	6. Utilisation des fonctions de Hammett .....	790
.. 750	7. Obtention des niveaux d'acidité <i>via</i> les valeurs de pKa des couples .....	794
.. 752	8. Domaines d'acidité absolue accessibles dans certains solvants .....	795

.. 750	<b>Appendices</b> .....	797
--------	-------------------------	-----

.. 752	<b>Index</b> .....	815
--------	--------------------	-----

753

753

755

57

59

60

62

63

65

55

56

57

'0



La nouvelle édition de **Chimie analytique et équilibres ioniques** traite de tous les grands types d'équilibres ioniques mis en jeu lors d'opérations analytiques qualitatives et quantitatives en solution aqueuse (équilibres acide-base, redox, de complexation et de précipitation). Mais l'analyse chimique en solution se pratique également en milieux non aqueux, c'est pourquoi l'ouvrage a été augmenté d'une sixième et nouvelle partie dans laquelle sont étudiés les phénomènes acide-base dans divers solvants (solvants moléculaires amphiprotiques de haute constante diélectrique, acide acétique anhydre, solvants inertes...).

L'ouvrage aborde également les grands principes de la composition des solutions, quelques aspects thermodynamiques fondamentaux et, enfin, le concept d'activité.

Il est construit selon deux angles à vocation complémentaire :

- une *approche pédagogique* : les équations mathématiques reliant les concentrations (activités) des différentes espèces participant aux équilibres sont systématiquement données et de nombreux exercices et problèmes avec leurs solutions sont proposés au fur et à mesure. Ils permettent d'appliquer immédiatement la stratégie évoquée. De plus, cette nouvelle édition propose en appendices l'explicitation de certains calculs comme les index de titrage ;
- une *approche pluridisciplinaire* : de nombreuses applications sont présentées. Elles se situent dans le domaine de la chimie inorganique mais aussi, ce qui est plus original, dans ceux de la chimie organique, voire de la biochimie. Une large part est faite à l'explicitation des dosages de principes actifs médicamenteux.

Par le nombre et la diversité des exemples présentés et commentés, cette deuxième édition de **Chimie analytique et équilibres ioniques** s'adresse à tous les praticiens de l'analyse chimique : techniciens et ingénieurs dans les domaines de l'agroalimentaire, de l'environnement, de la répression des fraudes, de la toxicologie analytique, de la pharmacie. Elle s'adresse également aux pharmaciens des hôpitaux, et aux médecins et pharmaciens biologistes.

Par sa démarche pédagogique et l'approche des calculs qui est développée, l'ouvrage est également destiné aux étudiants de chimie de tous les niveaux universitaires ainsi qu'à ceux préparant les grandes écoles scientifiques.

**Jean-Louis Burgot**, docteur ès sciences pharmaceutiques, docteur ès sciences physiques, est professeur honoraire de chimie analytique. Il est également le coauteur de **Méthodes instrumentales d'analyse chimique et applications** paru chez le même éditeur.





**Chimie**  
**et analytique**  
**équilibres**  
**ioniques**

2<sup>e</sup> édition

Jean-Louis Burgot

Editions  
**TEC**  
& **DOC**

*Lavoisier*

# Table des matières

Avant-propos de la première édition .....	XXI
Avant-propos de la deuxième édition .....	XXIII

## Première partie

### Généralités

#### Chapitre 1

#### Généralités sur les solvants – Expressions de la composition des solutions

1. Définitions.....	3
2. Les solvants moléculaires .....	3
3. Solvatation des substances dissoutes au sein d'un solvant moléculaire .....	4
4. L'eau solvant.....	5
5. L'expression de la composition des solutions.....	8
6. La quantité de substance .....	8
7. Les différentes expressions de la composition .....	8
8. Le passage des fractions molaires aux molalités et aux molarités .....	10

#### Chapitre 2

#### Rappels de thermodynamique chimique

1. Le potentiel chimique .....	13
2. Variation d'enthalpie libre d'un système $\Delta G_{\text{syst}}$ accompagnant un processus et travail fourni par celui-ci.....	16
3. Enthalpie libre réactionnelle $\Delta_r G$ .....	18
4. Évolution d'une réaction chimique et conditions de l'équilibre.....	19
5. Conditions d'équilibre et loi d'action de masse .....	21
6. Potentiels chimiques et états standard.....	24
7. Réactions redox – couples redox.....	25
8. Description sommaire d'une cellule électrochimique : la pile Daniell.....	26
9. Force électromotrice d'une pile et travail maximal récupérable à partir d'une réaction chimique – Équation de Nernst .....	28
10. Potentiels d'électrodes .....	30
11. Additivité des enthalpies libres – Calcul de potentiels standard d'électrodes à partir d'autres potentiels standard .....	32



*Chapitre 3***Activités et coefficients d'activité**

1. L'équilibre chimique – Loi d'action de masse et activités des espèces . . . . .
2. Signification physique d'une activité . . . . .
3. Force ionique d'une solution. . . . .
4. Relations entre activités et « concentrations » – Coefficients d'activité . . . . .
5. États standard et coefficients d'activité. . . . .
6. Différentes formes de la loi d'action de masse. . . . .
7. Conventions usuelles sur les activités. . . . .
8. Détermination des activités. . . . .
9. Calcul des coefficients d'activité et des activités . . . . .
10. La justification des équations de Debye et Hückel. . . . .

*Deuxième partie***Réactions acide-base  
Applications analytiques***Chapitre 4***Définitions des acides et des bases**

1. Définition d'Arrhenius . . . . .
2. Définition de Brønsted-Lowry . . . . .
3. Inexistence du proton en solution . . . . .
4. Acido-basicité selon Brønsted dans l'eau – Nature du proton hydraté. . . . .
5. Nomenclature . . . . .
6. Sur l'équivalence des théories d'Arrhenius et de Brønsted en solution aqueuse . . . . .
7. Autres théories des acides et des bases . . . . .

*Chapitre 5***Forces des acides et des bases**

1. Aspects qualitatifs . . . . .
2. Aspects quantitatifs : constantes de dissociation acido-basique  $K_a$  et  $pK_a$  . . . . .
3. Dissociation de l'eau . . . . .
4. Inutilité de la notion de  $K_b$  . . . . .
5. Notion de pH. . . . .
6. Cas d'un polyacide . . . . .
7. Diagrammes de distribution . . . . .
8. Constantes macroscopiques et microscopiques . . . . .
9. Domaines de prédominance des espèces. . . . .
10. Prévion des réactions acide-base – Constante d'équilibre d'une réaction acide-base . . . . .
11. Échelle d'acidité dans l'eau . . . . .
12. Phénomènes acide-base en l'absence de solvant . . . . .
13. Le problème des valeurs de  $pK_a$  des couples  $H_3O^+/H_2O$  et  $H_2O/OH^-$  dans l'eau . . . . .
14. Prévion des réactions acide-base à l'aide des diagrammes de prédominance . . . . .
15. Nivellement des acides et des bases dans l'eau . . . . .

## Chapitre 6

## Calcul du pH des solutions aqueuses

1. Concentration analytique	81
2. pH de l'eau pure	82
3. pH d'une solution d'un acide fort	82
4. pH d'une solution d'une base forte	84
5. pH des solutions de sels d'acide fort et de base forte	85
6. Loi de dilution d'Ostwald	86
7. pH d'une solution d'un acide faible	87
8. pH d'une solution d'une base faible	92
9. pH d'un mélange d'acides forts	95
10. pH d'un mélange de bases fortes	96
11. pH d'un mélange d'un acide fort et d'un acide faible : recul d'ionisation	96
12. pH d'un mélange d'une base forte et d'une base faible	97
13. pH d'un mélange équimoléculaire d'un acide faible et d'une base faible	97
14. pH de solutions de polyacides et de polybases	98
15. pH d'une solution d'un monosel d'un diacide – pH d'une solution d'un ampholyte	99
16. pH d'une solution d'un acide aminé	100
17. pH d'un mélange de deux acides faibles	104
18. pH d'un mélange d'un acide faible et de base faible en proportions quelconques : intérêt de la notion de réaction prépondérante	105
19. Calcul du pH en tenant compte des activités	109

## Chapitre 7

## Solutions tampon

1. pH d'une solution tampon avant addition d'un acide ou d'une base forte	111
2. pH d'une solution tampon après addition de protons	113
3. Mécanisme de l'effet tampon	114
4. Capacité tampon ou pouvoir tampon	115
5. Expression de la capacité tampon	116
6. Domaine tampon	118
7. Mélanges de plusieurs tampons	118
8. Pouvoir tampon d'un polyacide	120
9. Quelques tampons	121

## Chapitre 8

## Généralités sur les titrages

1. Principe général des méthodes titrimétriques	123
2. Terminologie	124
3. Erreur de titrage	125
4. Équivalents et solutions normales	125
5. Différentes modalités d'un titrage	127
6. Réactions chimiques mises en jeu et dénomination des titrages	127
7. Conditions à souscrire pour la réalisation de titrages satisfaisants : réactions non stœchiométriques	128
8. Matériel utilisé en titrimétrie	129
9. Titrages et informatique – Tendances actuelles	129

*Chapitre 9***Indicateurs colorés de pH ou de neutralisation**

1. Généralités sur les indicateurs de pH .....	13
2. Origine du changement de couleur .....	13
3. Différents types d'indicateurs de pH .....	13
4. Quelques indicateurs .....	13
5. Conditions d'emploi des indicateurs .....	13
6. Utilisation des indicateurs colorés .....	13

*Chapitre 10***Courbes de titrage acide-base**

1. Titrages acide-base – Terminologie .....	13
2. Généralités sur les courbes de titrage acide-base – Fraction titrée .....	13
3. Neutralisation d'un acide fort par une base forte et réciproquement .....	14
4. Courbe de neutralisation d'un acide faible par une base forte .....	14
5. Courbe de titrage d'une base faible par un acide fort .....	15
6. Titrage d'un acide faible par une base faible .....	15
7. Titrage d'un mélange d'acides forts par une base forte et inversement .....	15
8. Titrages d'un mélange d'un acide fort et d'un acide faible par une base forte et inversement .....	15
9. Titrage d'un mélange d'acides faibles par une base forte .....	15
10. Titrage d'un polyacide par une base forte .....	15
11. Titrage du monosel d'un diacide .....	16

*Chapitre 11***Titrages acide-base : aspects théoriques complémentaires**

1. Équation exacte de la courbe de titrage d'un acide fort par une base forte et inversement – Erreur de titrage .....	16
2. Équation exacte de la courbe de titrage d'un acide faible par une base forte et inversement – Erreur de titrage .....	16
3. Équations exactes des courbes de titrage de mélanges d'acides, de bases, de polyacides, de polybases, etc. ....	16
4. Précision des titrages acide-base et index de titrage .....	16
5. Expressions de l'index de titrage .....	16
6. Caractère quantitatif de la réaction de titrage .....	16
7. Diagramme de Gran .....	17

*Chapitre 12***Réactions acide-base et analyse chimique**

1. Le concept de pH .....	17
2. pH et opérations analytiques .....	17
3. Acidité d'un milieu indice de sa pureté .....	17
4. Choix des exemples de titrages acide-base .....	17
5. Titrages directs de composés présentant un caractère acide .....	17
6. Titrages directs de composés présentant un caractère basique .....	17
7. Titrages en retour .....	17
8. Titrages après réaction chimique ou après transformation .....	17

*Troisième partie*  
**Phénomènes redox**

*Chapitre 13*  
**Généralités sur l'oxydoréduction**

31	1. Définitions. . . . .	201
32	2. Nombres d'oxydation . . . . .	205
33	3. Réactions redox et nombres d'oxydation . . . . .	207
34	4. Cas particuliers de réactions redox : réactions de dismutation	
35	et de rétrodismutation . . . . .	208
38	5. Équilibration des réactions redox . . . . .	209

*Chapitre 14*  
**Réactions redox et cellules électrochimiques**

39	1. Cellules électrochimiques et réactions redox : exemple de la pile Daniell. . . . .	211
39	2. Nature du courant électrique dans une cellule électrochimique . . . . .	215
41	3. Électron hydraté . . . . .	216
47	4. Cathode, anode et charges des électrodes . . . . .	217
51	5. Cellules électrochimiques et réversibilité . . . . .	218
52	6. Différents types d'électrodes. . . . .	219
53	7. Représentation conventionnelle des cellules électrochimiques . . . . .	220
54	8. Exemples de cellules. . . . .	221
55	9. Potentiels d'électrodes – Loi de Nernst . . . . .	222
56	10. Potentiels standard d'électrodes et potentiels standard de réduction	
60	de quelques couples Redox A 298 K . . . . .	226
	11. Potentiel d'une cellule électrochimique à courant nul – Convention . . . . .	230
53	12. Potentiels formels . . . . .	231

*Chapitre 15*  
**Prévision des réactions redox**

56	1. Phénomènes redox et acidité. . . . .	235
56	2. Phénomènes redox, complexation et précipitation . . . . .	239
58	3. Prévision qualitative des réactions redox d'après les valeurs des potentiels	
59	standard . . . . .	244
71	4. Insuffisance éventuelle de la règle fondée sur l'utilisation des potentiels	
	standard pour la prévision des réactions redox . . . . .	245
	5. Sens de l'évolution et caractère quantitatif d'une réaction redox. . . . .	247
	6. Aspects cinétiques de la prévision des réactions redox . . . . .	250

*Chapitre 16*  
**Prévision des réactions Redox à l'aide de constructions graphiques**

75	1. Domaines de prédominance des formes Ox et Red d'un couple . . . . .	253
76	2. Prévision qualitative des réactions Redox à partir de la connaissance	
76	des domaines de prédominance. . . . .	256
77	3. Diagrammes de Frost . . . . .	259
33	4. Diagrammes E/pH ou diagrammes de Pourbaix . . . . .	263
36		
38		

5. Un exemple d'application analytique des diagrammes de Pourbaix ..... 26
6. Extension des diagrammes de Pourbaix ..... 26

### Chapitre 17

#### Calcul du potentiel de solutions contenant plusieurs couples redox : généralités sur les titrages redox

1. Potentiel d'équilibre et potentiel d'électrode ..... 27
2. Potentiel d'une solution ne contenant qu'un seul couple redox ..... 27
3. Cas général : potentiel d'équilibre d'une solution contenant deux couples redox ..... 27
4. Détermination par voie graphique des concentrations Red et Ox d'un couple à partir du potentiel d'équilibre de la solution ..... 27
5. Cas particulier : un échange de proton ou d'un ligand accompagne l'échange d'électrons ..... 27
6. Cas où l'un des produits ou réactifs de la réaction bilan est polynucléaire ..... 27
7. Potentiel d'une solution où il y a formation d'un amphotère ..... 27
8. Potentiel d'une solution résultant du mélange d'une forme réduite polyfonctionnelle et d'une forme oxydée d'un autre couple ..... 28
9. Potentiel d'une solution résultant du mélange de deux formes réduites appartenant à deux couples différents et d'une forme oxydée d'un troisième couple ..... 28
10. Généralités sur les titrages redox ..... 28
11. Condition thermodynamique de la réussite d'une réaction de titrage redox. .... 28
12. Conditions cinétiques requises pour une réaction de titrage redox. .... 28
13. Indication du point équivalent d'un titrage redox. .... 28
14. Considérations générales sur les indicateurs internes redox ..... 28
15. Quelques indicateurs redox internes ..... 28

### Chapitre 18

#### Étude de quelques courbes de titrage Redox

1. Étude de la courbe de titrage de l'ion ferreux par l'ion cérique : exemple le plus simple d'un titrage symétrique ..... 29
2. Quelques considérations complémentaires concernant les titrages symétriques – Erreur de titrage. .... 29
3. Étude de la courbe de titrage de l'ion stannique par l'ion chromeux – Généralisation à tous les titrages dissymétriques ..... 30
4. Titrages redox où il y a échange simultané d'électrons et de protons ou d'autres particules ..... 30
5. Cas où le potentiel au point équivalent dépend de la concentration d'un des réactifs ..... 30
6. Titrage de l'ion hypovanadeux par l'ion permanganate ..... 30
7. Titrage d'un mélange ..... 30

### Chapitre 19

#### Oxydoréductimétrie – Iodométrie

1. Oxydoréductimétrie ..... 31
2. Définitions des méthodes de titrage impliquant l'utilisation ou la formation de diiode ..... 31
3. Quelques propriétés physico-chimiques du diiode ..... 31

268	4. Domaines de prépondérance de certaines espèces de l'iode.....	323
269	5. Intérêts du couple $I_2/I^-$ en titrimétrie.....	325
	6. Réaction de base de l'iodométrie.....	327
	7. Solutions titrées de diiode.....	328
	8. Les solutions titrées de thiosulfate.....	330
	9. Exemples de dosages par iodométrie ( <i>direct iodometry</i> ).....	333
	10. Exemples de dosages par iodimétrie ( <i>indirect iodometry</i> ).....	343

Chapitre 20

**Iodométrie en milieu alcalin, iodatométrie, périodimétrie et bromométrie**

276	1. Iodométrie en milieu alcalin.....	351
277	2. Iodatométrie.....	356
278	3. Périodimétrie.....	361
280	4. Bromatométrie – Hypobromométrie et bromométrie.....	368

Chapitre 21

**Manganimétrie – Chromimétrie – Cérimétrie**

81	1. Manganimétrie.....	379
82	2. Chromimétrie.....	390
83	3. Cérimétrie.....	395
84	4. Autres méthodes de titrage oxydoréductimétrique.....	402

Chapitre 22

**Quelques applications des réactions redox en analyse qualitative**

91	1. Analyse organique.....	403
	2. Analyse minérale.....	410

Quatrième partie

**Phénomènes de complexation  
Applications analytiques**

Chapitre 23

**Définitions générales concernant les complexes  
Règles de nomenclature et d'écriture**

1	1. Définition générale des complexes.....	420
2	2. Les complexes : composés résultant de l'interaction entre espèces qui donnent des électrons et d'autres qui en acceptent.....	420
3	3. Limites de l'ensemble des complexes.....	421
	4. Écriture et nomenclature systématique des complexes.....	423
	5. Charge électrique des ions complexes.....	424

© Lavoisier - La photographie non autorisée est un délit  
 © Lavoisier - La photographie non autorisée est un délit

*Chapitre 24***Quelques éléments de la chimie des complexes**

1. Isolement des complexes. ....
2. Quelques ligands rencontrés dans les complexes classiques. ....
3. Quelques aspects de la chimie des complexes. ....
4. État des ions en solution et conséquences. ....

*Chapitre 25***Stabilité des complexes –****Quelques éléments de la cinétique de formation des complexes**

1. Définition des complexes dans le contexte de l'analyse. ....
2. Stabilité des complexes : complexes parfaits et imparfaits. ....
3. Constantes de formation ou de stabilité des complexes. ....
4. Méthodologie générale de détermination des constantes de stabilité. ....
5. Exemples de calculs réalisés avec les constantes de stabilité. ....
6. Diagramme de distribution. ....
7. Courbe de formation. ....
8. Les complexes : composés donneurs de particules. ....
9. Facteurs influençant la stabilité des complexes. ....
10. Stabilité des chélates – Effets chélate et macrocyclique. ....
11. Cinétique de formation des complexes : complexes labiles et inertes. ....

*Chapitre 26***Superposition d'équilibres divers à l'équilibre de complexation**

1. Superposition de plusieurs équilibres de complexation. ....
2. Un cas particulier important : formation de complexes hydroxo, oxo, etc.  
Hydrolyse des ions métalliques. ....
3. Formation de complexes hydroxopolynucléaires – Polymérisation. ....
4. Acidité de la solution et pouvoir complexant des ligands. ....

*Chapitre 27***Constantes conditionnelles**

1. Les espèces en présence lors du titrage d'un ion métallique par le tétraanion de l'acide éthylènediaminotétraacétique. ....
2. Constantes conditionnelles et coefficients de réactions parasites. ....
3. Exemples de calcul de constantes conditionnelles. ....
4. Variation quantitative des coefficients  $\alpha$ . ....
5. Constantes conditionnelles, masquage, complexations sélectives en présence de plusieurs ions métalliques. ....
6. Constantes conditionnelles et calcul des concentrations des différentes espèces en solution. ....
7. Cas des indicateurs métallochromes. ....
8. Extensions de la notion de constante conditionnelle. ....
9. Sur l'apport de la notion de constante conditionnelle. ....