

Danielle **Cachau-Herreillat**

Des expériences de la famille **Acide-Base**

Réussir, exploiter et commenter
50 manipulations de chimie

3^e édition

Préface de Marc Laffitte

FICHES PRATIQUES

LMD

Concours de l'enseignement
supérieur



de boeck

Danielle **Cachau-Herreillat**

Des expériences de la famille **Acide-Base**

Réussir, exploiter et commenter
50 manipulations de chimie

Cet ouvrage, qui se veut une «banque de données de manipulations», est destiné aussi bien aux candidats aux concours d'accès aux fonctions de professeur (CAPLP, CAPES, Agrégation) qu'à des étudiants en BTS, ou en Licences (généralistes ou professionnalisées) comportant un enseignement de chimie (études de pharmacie entre autres). Quant aux jeunes professeurs, de l'enseignement secondaire ou supérieur, ils pourront y puiser des idées de travaux pratiques faciles à mettre en œuvre en classe, ainsi que des compléments culturels.

Le chapitre 1 présente les savoirs liés à l'étude des acides et des bases dans le cadre des modèles de BRØNSTED aussi bien que de LEWIS. Le chapitre 2 est consacré au savoir-faire en matière de manipulation. Le chapitre 3 décrit 50 manipulations sous forme de fiches, qui peuvent être lues indépendamment les unes des autres. On peut y trouver entre autre non seulement tous les détails utiles mais aussi de nombreux compléments : étymologie, découvertes, anecdotes etc. Le chapitre 4 est consacré à l'outil informatique, simulation, acquisition ou traitement de données.



Les «plus»

- ▶ Grille de choix des manipulations à réaliser en fonction du thème à illustrer
- ▶ Compléments théoriques, pratiques, culturels
- ▶ Nombreuses illustrations en couleur
- ▶ Information aisément accessible : glossaire, index minutieux, 16 annexes essentielles

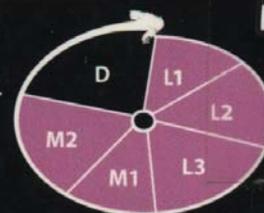
Danielle Cachau-Herreillat Maître de conférence à l'Université Montpellier II, elle a consacré la majeure partie de son enseignement à l'Université de Bangui (Centrafrique), puis à l'École Normale Supérieure de Porto-Novo et à l'Université de Cotonou (Bénin), enfin, à l'Université Montpellier II (préparation au CAPES de physique-chimie et Master Chimie et Physicochimie des Matériaux).

ISBN : 978-2-8041-1891-4



EXACBA

Dans le cadre du nouveau Système Européen de Transfert de Crédits (E.C.T.S.), ce manuel couvre en **France** les niveaux : Licence 1 - 2 - 3. Master 1 et 2.
En **Belgique** : Baccalauréat 1 - 2 - 3. Master 1 et 2.
En **Suisse** : Bachelor 1 - 2 - 3. Master 1 et 2.
Au **Canada** : Baccalauréat 1 - 2 - 3. Master 1 et 2.



Conception graph

Table des matières

Préface	V
Avant-propos	IX
Avertissement	XI
Table des matières.....	XIII
Préliminaires, choisir une expérience.....	XVII
A Montages de chimie aux épreuves orales d'admission aux concours de recrutement.....	XVIII
1 Montages de chimie au CAPES (option Physique-Chimie)	XVIII
2 Montages de chimie au CAPESA (option Physique-Chimie)	XIX
3 Les sujets de la « leçon de chimie » à l'agrégation de sciences physiques (option Physique)	XX
B Un sujet de CAPES ... Quelles manipulations ?.....	XXII
Chapitre 1 Notion d'acide et de base, les savoirs	1
1.1 Définitions des acides et des bases	3
1.2 Les trois grands <i>modèles</i> des acides et des bases	5
1.3 L'histoire des acides et des bases	6
1.4 Couple et réaction acide-base	7
1.5 Force des acides et des bases en solution dans un solvant protique H Σ	8
1.6 Potentiel hydrogène, pH	13
1.7 Fonctions d'acidité de HAMMETT	16
1.8 Polyacides, polybases	18
1.9 Solutions commerciales d'acides et de bases	19
1.10 La réaction de complexation : une réaction acide-base dans le cadre du <i>modèle</i> de LEWIS	20
Chapitre 2 Chimie des solutions, les savoir-faire.....	33
2 A Une tâche... Quel outil ?... Comment faire ?	35
2 A.1 Appeler un chat... un chat	37
2 A.2 Choisir ses instruments de travail	38
2 A.3 Maîtriser la précision	40
2 A.4 Connaître les gestes du chimiste	42
2 A.5 « Rincer » ou « Ne pas rincer »... ? Telle est la question...	44
2 A.6 « Pourquoi sécher »... ? Deuxième question...	45
2 A.7 Préparer une solution aqueuse	46
2 A.8 Préparer une solution étalon	47
2 A.9 Réaliser un dosage	49
2 A.10 Réaliser un dosage conductimétrique	53
2 A.11 Utiliser un spectrophotomètre	57
2 A.12 Penser « Sécurité »	59

XIV Des expériences de la famille Acide-Base

2 B Les outils de la famille Acide-Base	63
2 B.1 Utiliser un pH-mètre	64
2 B.2 Utiliser une électrode de référence	65
2 B.3 Utiliser une électrode de verre	68
2 B.4 Réaliser un dosage pH-métrique	70
2 B.5 Choisir un indicateur coloré de pH	71
2 B.6 Fabriquer une solution tampon de pH	72
2 B.7 Réaliser un dosage complexométrique	75
2 B.8 Connaître les réactifs usuels	79
Chapitre 3 Une sélection de manipulations	81
3 A Matériel de base.....	82
3 B Prérequis, étalonnage de solutions de référence.....	83
3 B.1 Étalonnage d'une solution d'hydroxyde de sodium par une solution d'acide oxalique	84
3 B.2 Étalonnage d'une solution de chlorure d'hydrogène par une solution de carbonate de sodium (pH-métrie)	87
3 C Réactions qualitatives	92
→ notions d'acide, de base, de force, d'équilibre acido-basique, d'indicateur coloré	
3 C.1 Action du chlorure d'hydrogène sur l'ammoniac (fabrication de <i>fumées</i>)	93
3 C.2 Action de la soude sur les ions Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Al^{3+} (fabrication d'hydroxydes métalliques)	96
3 C.3 Action d'une solution de chlorure d'hydrogène sur un oxyde basique, l'oxyde de cuivre(II), CuO (changements de couleurs)	98
3 C.4 Action d'une solution de chlorure d'hydrogène sur un sel d'acide faible, le carbonate de calcium, CaCO_3 , (dégagement gazeux)	101
3 C.5 Action d'une solution de chlorure d'hydrogène sur un sel d'acide faible, le sulfure de fer(II), FeS , (dégagement gazeux)	104
3 C.6 Comparaison de la force de deux acides : action de $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ et $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ sur Mg ou Zn	106
3 C.7 Comparaison de la force de différentes bases vis-à-vis d'un même acide selon le principe « HSAB » : changements d'aspects	108
3 C.8 Utilisation d'indicateurs colorés comme « encres sympathiques »	112
3 C.9 Utilisation d'indicateurs colorés comme « contradicteurs de couleurs »	114
3 C.10 Influence de la température sur l'équilibre d'amphotérisation de l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^-	116
3 C.11 Séparation par extraction de composés acide (PhCO_2H), basique (PhNH_2) et neutre (PhCOCH_3)	118
3 C.12 Caractérisation des ions (tableau de synthèse)	124
3 D Détermination de grandeurs thermodynamiques.....	128
→ notions de constante d'équilibre, de zone de virage, d'activité, de catalyse	
3 D.1 Détermination de l'enthalpie de la réaction : $\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (calorimétrie)	129
3 D.2 Détermination du $\text{p}K_1$ de deux indicateurs colorés (BBT et VBC, spectrophotométrie)	132
3 D.3 Détermination du $\text{p}K_A$ du couple acide acétique/ion acétate (pH-métrie)	137
3 D.4 Influence de la dilution sur la force d'un acide : détermination du taux de dissociation de l'acide acétique (conductimétrie)	141
3 D.5 Détermination du produit de solubilité de l'hydroxyde de baryum (conductimétrie)	145
3 D.6 Détermination de la stœchiométrie et de la constante de formation du complexe $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{SCN})_n]^{(3-n)}$ (spectrophotométrie)	151
3 D.7 Détermination de la stœchiométrie et de la constante de formation du complexe $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (spectrophotométrie)	160
3 D.8 Détermination de la zone de virage d'un indicateur préparé par infusion de feuilles de choux rouge	165
3 D.9 Hydrolyse de l'acétate (éthanoate) d'éthyle, avec et sans catalyse	168

3 E Solutions tampons de pH	170
→ notions de solution tampon, de pouvoir tampon	
3 E.1 Étude du tampon acide benzoïque/benzoate de sodium	171
3 E.2 Étude du tampon $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ et du pseudo-tampon HCO_3^-	175
3 E.3 Oxydation des ions méthanoate par KMnO_4 (spectrophotométrie)	178
3 F Quelques dosages	186
→ dosages « académiques »	
3 F.1 Dosage en retour du benzoate d'éthyle	187
3 F.2 Dosage de l'acide phosphorique (calorimétrie)	190
3 F.3 Dosage de l'acide sulfurique (conductimétrie)	194
3 F.4 Dosage d'acides en milieu acétique : rôle du solvant sur la force d'un acide (calorimétrie)	202
3 F.5 Dosage d'un mélange d'acides par une base forte ou par une base faible	208
3 F.6 Dosage de l'acide borique en absence et en présence de D-mannitol	215
3 F.7 Dosage des ions Cu^{2+} par complexométrie	
(1) choisir un tampon approprié (spectrophotométrie)	221
3 F.8 Dosage des ions Cu^{2+} par complexométrie	
(2) colorimétrie et spectrophotométrie	229
3 F.9 Dosage des ions Cl^- par les ions Ag^+ (méthode de CHARPENTIER-VOHLARD et conductimétrie)	234
→ dosages de produits de la vie courante	
3 F.10 Dosage d'une solution d'acide aspartique (pH-métrie et conductimétrie)	239
3 F.11 Dosage en retour de l'aspirine dans un comprimé (pH-métrie)	243
3 F.12 Dosage direct de l'aspirine dans un comprimé (pH-métrie)	246
3 F.13 Dosage de la vitamine C dans un comprimé (pH-métrie)	249
3 F.14 Dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par l' <i>edta</i> (dureté d'une eau minérale)	253
3 F.15 Dosage de l'acide acétique dans un vinaigre (pH-métrie et conductimétrie)	259
3 F.16 Mesure de l'acidité totale d'un vin (pH-métrie)	262
3 F.17 Mesure de l'acidité volatile d'un vin (colorimétrie)	266
3 F.18 Dosage de l'acide citrique dans un citron (pH-métrie)	269
3 F.19 Mesure de l'acidité d'une boisson au cola (pH-métrie)	273
3 F.20 Dosage de l'acide lactique dans le lait : lait frais et lactosérum du lait caillé	277
3 F.21 Dosage du carbonate de sodium dans une lessive (pH-métrie et conductimétrie)	283
3 F.22 Dosage de l'acide d'un détartrant pour cafetière (pH-métrie)	288
3 F.23 Mesure de la basicité du DesTop® (conductimétrie)	291
3 F.24 Dosage de l'ammoniac du DesTop® (méthode de RONCHÈSE)	296
Chapitre 4 L'outil informatique... Comment faire ?	301
4.1 Simulation de courbes à l'aide du logiciel Simultit®	302
4.2 Simulation de courbes à l'aide du logiciel Simulwin®	304
4.3 Acquisition par l'intermédiaire d'une seule interface RS232 et de Regressi-RS232®	308
4.4 Acquisition par l'intermédiaire de deux interfaces RS232 et de SynchronChim®	310
4.5 Traitement informatisé des données à l'aide du logiciel Regressi®	312
4.6 Traitement informatisé des données à l'aide du logiciel Excel®	320
4.7 Mode de communication appareil – ordinateur à travers l'interface RS232	324
Annexes	325
1 Solutions commerciales courantes	325
2 Quelques substances étalons en acidimétrie	325
3 Indicateurs colorés	326
4 $\text{p}K_A$ relatifs à quelques acides minéraux (à 298 K, $I = 0$)	327
5 $\text{p}K_A$ relatifs à quelques acides organiques (à 298 K, $I = 0$)	328
6 $\text{p}K_A$ relatifs à quelques acides α -aminés	329
7 Préparation de solutions tampons de pH	330
8 Conductivités équivalentes de quelques ions λ^0 ($\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$)	332
9 Solutions pour l'étalonnage d'un conductimètre ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	332

XVI Des expériences de la famille Acide-Base

10	Valeur de quelques produits de solubilité (à 298 K, sous $1,013 \cdot 10^5$ Pa)	333
11	Constantes de stabilité de quelques complexes	334
12	Quelques additifs industriels	335
13	Éléments de colorimétrie	336
14	Quelques molécules du domaine de la biochimie	337
15	Formules de quelques indicateurs colorés	339
16	Sécurité : nature des risques (phrases R) et conseils de sécurité (phrases S)	342
Bibliographie		349
Glossaire		355
Index		363