

*Montages*

**CAPES et Agrégation de sciences physiques**

# **LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE**

## **2. Chimie organique et minérale**

*Romain Barbe  
Jean-François Le Maréchal*

**DUNOD**

## Table des matières

AVANT-PROPOS	VII
CHAPITRE 1 • LA LIAISON HYDROGÈNE	1
1.0 Généralités introductives	2
1.1 Liaisons hydrogène et $pK_A$	3
1.2 Liaisons hydrogène et point de fusion	6
1.3 Liaisons hydrogène et chromatographie	7
1.4 Liaisons hydrogène et réactivité	9
CHAPITRE 2 • CHIRALITÉ ET MOLÉCULES CHIRALES	13
2.0 Généralités introductives	14
2.1 Chiralité et odeur	16
2.2 Chiralité et lumière	17
2.2.1 Vérification de la loi de Biot	18
2.2.2 Mesure d'un pouvoir rotatoire spécifique	20
2.3 Point de fusion d'énantiomères et de leur mélange racémique	21
2.4 Dédoublément d'un racémique	23
2.5 Protection de la L-valine	26
CHAPITRE 3 • RÉACTIVITÉ DE LA DOUBLE LIAISON C=C	31
3.0 Généralités introductives	32
3.1 Hydratation d'un alcène	32
3.2 Addition du dibrome sur un alcène	36
3.3 Oxydation du styrène par l'ion permanganate	39
3.3.1 Mise en évidence de l'intérêt du catalyseur par transfert de phase	39
3.3.2 Oxydation du styrène avec une catalyse par transfert de phase	41
CHAPITRE 4 • LES ALCOOLS	47
4.0 Généralités introductives	48
4.1 Tests qualitatifs de la présence d'une fonction alcool	50
4.1.1 Oxydation des alcools	51
4.1.2 Oxydation d'alcools avec identification du produit formé	52
4.1.3 Alcool et $S_N1$	56
4.1.4 Alcool et complexes	57
4.2 Combustion d'un alcool	58
4.3 Synthèse du chlorure de <i>tert</i> -butyle	59



4.4	Oxydation d'un alcool secondaire en cétone	62
4.5	Déshydratation d'un alcool	65
4.6	Synthèse de type Williamson	68
CHAPITRE 5 • LES ESTERS		73
5.0	Généralités introductives	74
5.1	Estérification d'acides carboxyliques	76
5.1.1	Synthèse de composés odorants	76
5.1.2	L'estérification, une réaction équilibrée	81
5.1.3	Déplacement d'équilibre par élimination de l'eau formée	86
5.2	Synthèse d'un biodiesel par transestérification	89
5.2.1	Évaluation de l'acidité de l'huile	90
5.2.2	Synthèse du biodiesel	91
CHAPITRE 6 • LES SAVONS		95
6.0	Généralités introductives	96
6.1	Formation d'une monocouche de molécules amphiphiles	97
6.2	La réaction de saponification	99
6.3	Savon et dureté de l'eau	102
CHAPITRE 7 • LES POLYMÈRES		107
7.0	Généralités introductives	108
7.1	Réactions de polyaddition radicalaire : le polystyrène	111
7.1.1	Différents procédés de polymérisation du styrène	111
7.1.2	Dépolymérisation du styrène	114
7.2	Le polyacrylamide	115
7.3	Réaction de polycondensation : le nylon	119
CHAPITRE 8 • LES MOLÉCULES COLORÉES		123
8.0	Généralités introductives	125
8.1	Les colorants azoïques	126
8.1.1	Synthèse du colorant Soudan I	126
8.1.2	Coloration d'un tissu à l'aide du Soudan I	129
8.1.3	Synthèse de l'hélianthine	131
8.1.4	Évaluation du $pK_A$ de l'hélianthine	133
8.2	L'indigo	136
8.2.1	Synthèse de l'indigo	136
8.2.2	Coloration d'un tissu avec l'indigo	138
8.3	Les colorants triarylcarronium	139
8.3.1	Synthèse de la phénolphtaléine	139
8.3.2	Synthèse de l'éosine	141
8.4	Extraction et séparation des colorants naturels du jus de tomate	145

CHAPITRE 9 • L'ASPIRINE	149
9.0 Généralités introductives	150
9.1 L'aspirine au XIX <sup>e</sup> siècle	150
9.2 Synthèse de l'acide acétylsalicylique	151
9.3 Détermination de la quantité d'acide acétylsalicylique dans un comprimé d'aspirine	155
9.3.1 Titrage direct de l'acide acétylsalicylique	155
9.3.2 Titrage de l'acide acétylsalicylique après hydrolyse en milieu basique	157
9.3.3 Dosage de l'acide acétylsalicylique par spectrophotométrie	160
9.4 Pour en savoir plus	164
9.4.1 Mode d'action de l'aspirine	164
9.4.2 Formulation de l'aspirine	165
CHAPITRE 10 • VANILLE ET VANILLINE	167
10.0 Généralités introductives	168
10.1 Oxydoréduction de la fonction aldéhyde	170
10.1.1 Réduction de la vanilline	171
10.1.2 Oxydation de la vanilline	175
10.2 Estérification de la fonction phénol	180
10.3 Bromation du cycle aromatique	183
10.4 Extraction et étude des composés au goût vanille	185
10.4.1 Analyse par CCM	185
10.4.2 Dosage par spectrophotométrie	187
CHAPITRE 11 • ÉTUDE DU FERIOXALATE DE POTASSIUM	193
11.1 Synthèse du trioxalatoferate(III) de potassium	194
11.1.1 Synthèse directe	194
11.1.2 Synthèse par oxydation de l'oxalate de fer(II)	196
11.2 Recherche de la formule brute du ferrioxalate de potassium	199
11.3 Ferrioxalate et photochimie	205
11.3.1 Expérience qualitative de photochimie	205
11.3.2 Le ferrioxalate : un actinomètre	207
11.4 Réactions du ferrioxalate	214
11.4.1 Réaction acide base	214
11.4.2 Échange de ligand en l'absence de solvant	215
CHAPITRE 12 • LE CUIVRE	219
12.1 Obtention du cuivre métallique	220
12.1.1 Réduction de CuO par le dihydrogène	220
12.1.2 Autres expériences permettant d'obtenir du cuivre métallique	223
12.1.3 Obtention du cuivre par électrolyse	225
12.1.4 Affinage du cuivre par électrolyse	226

12.2	Réaction du cuivre avec les acides	229
12.3	Titrage du cuivre par complexométrie	231
12.4	Préparation d'un sel de cuivre(I)	233
CHAPITRE 13 • LE FER		237
13.0	Généralités introductives	238
13.1	Production du métal fer	238
13.2	Propriétés du métal fer	240
	13.2.1 Propriété magnétique du métal	241
	13.2.2 Transition de phase du fer	242
13.3	Observations et description de modèles moléculaires	244
13.4	Oxydation du métal fer et protection contre la corrosion	248
	13.4.1 Oxydation par voie sèche	248
	13.4.2 Oxydation par l'air humide	250
	13.4.3 Aération différentielle	251
	13.4.4 Protection contre la corrosion	253
13.5	Les ions du fer	254
	13.5.1 Diagramme $E = f(\text{pH})$ du fer	254
	13.5.2 Action des acides sur le fer	257
	13.5.3 Titrage potentiométrique des ions $\text{Fe}^{2+}$ par cérimétrie	259
CHAPITRE 14 • LA FAMILLE DES HALOGÈNES		263
14.0	Généralités introductives	264
14.1	États physiques des dihalogènes	265
14.2	Solubilité des dihalogènes	267
14.3	Production de dichlore au laboratoire	269
14.4	Action des dihalogènes sur l'aluminium	272
14.5	Action des ions $\text{Ag}^+$ sur les halogénures	273
14.6	Composés interhalogénés	275
Conclusion avec les diagrammes potentiel-pH		277
INDEX DES FORMULES		279
INDEX DES RÉACTIONS		286
INDEX GÉNÉRAL		289

CAPES / Agrégation • Classes préparatoires

400 manipulations  
commentées de  
**CHIMIE**  
**DES SOLUTIONS**

volume 1

*de l'Expérience au Concept*

Jean-Pierre BAYLE

ellipses



## Sommaire

### XIV- Les manipulations

148	- Les complexes $I_2X^-$ et le lugol.	3
149	- Le sel de table iodé et fluoré.	26
150	- L'acide phosphorique et les sodas	48
151	- Le dichloroisocyanurate de sodium et les pastilles d'eau de Javel.	66
152	- L'eau de Javel.	83
153	- L'eau de Dakin.	102
154	- L'acide borique et le borax.	114
155	- Le ferrocyanure de potassium.	131
156	- Le chlorure de cobalt.	160
157	- Le thiosulfate de sodium.	208
158	- Le dihydrogénopyrophosphate de sodium et la levure chimique.	236
159	- Le sulfate de cuivre pentahydraté et la bouillie bordelaise.	277

### XV- Les index

XV-1.	Les réactifs et les substrats.	325
XV-2.	Les mots-clefs.	335



**CAPES de physique et chimie**  
**Agrégation de sciences physiques**  
**Option physique**

**LA CHIMIE**

---

**EXPÉRIMENTALE**

---

**CHIMIE GÉNÉRALE**

---

Jean-François Le Maréchal  
Bénédicte Nowak-Leclercq

**DUNOD**

omon.

## Table des matières

unique

Daniel

Daniel

AVANT-PROPOS	X
CHAPITRE 1 • ACIDES ET BASES : CONCEPTS FONDAMENTAUX	1
1.1 Dosages acide base	1
1.2 Expériences	2
1.2.1 Dosage d'un acide faible	2
1.2.2 Dosage d'une base faible	4
1.2.3 Autres dosages	5
1.3 pH de certaines solutions « classiques »	5
1.3.1 Acide ou base forts	6
1.3.2 Acides faibles	8
1.3.3 Mélange acide et base faible conjugués	9
1.3.4 Composés amphotères	10
1.4 Tampons	11
1.4.1 Tampon vis-à-vis de la dilution	12
1.4.2 Préparation d'une solution tampon pH 7	13
1.4.3 Mesure d'une capacité tampon	15
1.4.4 Application des tampons	16
1.5 Indicateurs colorés acido-basiques ( <i>voir chapitre 11</i> )	18
1.6 Ionisation des acides et des bases ( <i>voir chapitre 12</i> )	18
CHAPITRE 2 • ACIDITÉ ET BOISSON	19
2.1 Acidité du vinaigre	19
2.2 Cas du Coca-Cola*	21
2.2.1 Décarbonation du Coca-Cola	21
2.2.2 Dosage de l'acidité non-volatile du Coca-Cola	21
2.3 Cas de la limonade	23
2.4 Acidité totale du vin	23
2.5 Les additifs acido-basiques du vin autorisés par la loi	25
2.6 Acidité volatile du vin	30
2.6.1 Dosage de SO <sub>2</sub> libre	30
2.6.2 Dosage de SO <sub>2</sub> total	31
CHAPITRE 3 • DOSAGE D'UNE EAU MINÉRALE	19
3.1 Mise en évidence qualitative de la composition d'une eau minérale	33
3.1.1 Présence de CO <sub>2</sub> et de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34
3.1.2 Décarbonation d'une eau minérale gazeuse	34

\* Marque déposée

3.1.3	Présence d'ions sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	36
3.1.4	Présence d'ions chlorure ( $\text{Cl}^-$ )	37
3.1.5	Absence d'ions nitrate	37
3.1.6	Présence du cation calcium	39
3.1.7	Présence du cation sodium	39
3.1.8	Présence du cation potassium	40
3.2	Dosage de certains ions présents dans une eau minérale	42
3.2.1	Dosage de l'ion hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )	42
3.2.2	Dosage des ions chlorure	43
3.2.3	Dosage des ions calcium et magnésium	44
3.3	Exemples de composition d'eaux minérales	46
CHAPITRE 4 • LES BASES DE L'OXYDORÉDUCTION		48
4.1.	Classification qualitative des couples métal/ion métallique et $\text{H}^+/\text{H}_2$	48
4.1.1	Réaction de quelques métaux avec divers ions métalliques	49
4.1.2	Déplacement total d'une réaction	51
4.1.3	Expérience en phase gel	53
4.1.4	Réactions spectaculaires (mais parfois coûteuses)	54
4.2	Classification électrochimique quantitative des métaux	56
4.2.1	Mesure de potentiel	56
4.2.2	Mesure d'une différence de potentiel entre deux couples	56
4.2.3	Variante en étoile pour une série de mesures	58
4.2.4	Variante en gel	60
4.2.5	L'électrode à hydrogène	61
4.3	Action de $\text{H}^+$ sur les métaux	63
4.3.1	Attaque du fer par les ions $\text{H}^+$	63
4.3.2	Cinétique de l'action de $\text{H}^+$ sur le fer	64
4.3.3	Le couple $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ en milieux acide et basique	66
4.3.4	Mesure du volume molaire de $\text{H}_2$	47
4.3.5	Variation autour du thème : sodium + eau	69
CHAPITRE 5 • IODOMÉTRIE		71
5.1	Dosage direct : Dosage du diiode par les ions thiosulfate	72
5.2	Dosage indirect : dosage d'une eau de Javel	73
5.3	Dosage du cuivre II par iodométrie	75
5.4	Dosage du dioxygène dans l'eau : méthode de Winkler	77
5.4.1	Dosage de $\text{O}_2$ dans l'eau du robinet	77
5.4.2	Tableau de la qualité d'une eau	80
5.5	Dosage par excès : détermination de la masse de vitamine C contenue dans un comprimé de Vitascorbol*	81
5.5.1	Le principe d'un dosage par excès	81
5.5.2	Expérience	82
5.5.3	Les formes rédox de la vitamine C	83

\* Marque déposée

CHAPITRE 6 • DOSAGE PAR PRÉCIPITATION	84
6.1. Quelques définitions	84
6.2. Dosage d'ions halogénure	85
6.2.1. Principe de l'expérience	85
6.2.2. Réalisation du dosage	85
6.2.3. Interprétation du dosage des ions chlorure seuls	87
6.2.4. Dosages analogues	88
6.3. Dosage par précipitation avec indicateur coloré : Dosage de Mohr	88
6.4. Dosage de Volhard - Principe de la méthode	90
6.5. Autres dosages mettant en jeu une réaction de précipitation	92
 CHAPITRE 7 • COMPLEXATION ET PRÉCIPITATION	 93
7.1. Quelle est la différence entre précipité et complexe ?	93
7.1.1. Précipitation de NaCl dans l'eau	94
7.1.2. Formation de complexes en phase solide	94
7.2. Complexes du cobalt et testeur d'humidité	96
7.2.1. Suites d'expériences mettant en évidence les formes tétraédrique et octaédrique	96
7.2.2. Autre expérience avec les complexes du cobalt	98
7.3. Complexes du cuivre	99
7.3.1. Préparation de quelques complexes	99
7.3.2. Expérience plus esthétique	100
7.3.3. Pour isoler le complexe $\text{CuCl}_4^{2-}$	101
7.3.4. Pour isoler le complexe $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_3)_4^{2+}$	102
7.4. Complexes du nickel avec différents ligands	103
7.4.1. Déplacement de ligands : transformation d'un complexe en un complexe plus stable	103
7.4.2. Complexes successifs du nickel	104
7.4.3. Préparation et isolement du complexe $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	105
7.4.4. Dosage des ions nickel avec l'EDTA	106
7.5. Les ions du fer	107
7.6. Complexes de l'aluminium	109
 CHAPITRE 8 • DOSAGE PAR COMPLEXATION AU MOYEN DE LA SPECTROPHOTOMÉTRIE	 111
8.1. Complexe Cu-EDTA : expérience « qui marche », utilisant la spectrophotométrie	111
8.2. Complexe Cu-NH <sub>3</sub> : Expérience « qui marche en apparence »	114
8.2.1. Utilisation de la spectrophotométrie	114
8.2.2. Expérience utilisant un indicateur coloré	116
 CHAPITRE 9 • CONCEPTS LIÉS AUX ÉQUILIBRES DE COMPLEXATION	 118
9.1. Détermination de la stœchiométrie et de la stabilité d'un complexe	118
9.1.1. Détermination de la stœchiométrie de la complexation de $\text{Fe}^{3+}$ par les ions $\text{SCN}^-$	119
9.1.2. Exploitation des résultats	120

9.1.3	Calculs dans le cas où $n$ est quelconque	121	
9.2	Déplacement d'équilibres de complexation	122	13.3 A
9.3	La constante d'équilibre de complexation	125	13
	CHAPITRE 10 • DOSAGE PAR SPECTROPHOTOMÉTRIE	126	13
10.1	Principe de la spectrophotométrie : mise en évidence	127	CHAPI
10.2	Vérification de la loi de Beer-Lambert	129	14.1 P
10.2.1	Courbe d'étalonnage	129	14
10.2.2	Utilisation de la courbe d'étalonnage	131	14
10.2.3	Exemple d'une situation où la loi de Beer Lambert n'est pas suivie	132	14
10.3	Détermination et usage d'une échelle de teintes	133	14
10.3.1	Préparation d'une échelle de teintes	133	14
10.3.2	Utilisation de l'échelle de teintes : dosage du fer dans le vin blanc	135	14.2 L
10.4	Suivi d'une cinétique par dosage spectrophotométrique	137	14
	CHAPITRE 11 • INDICATEURS COLORÉS	139	14
11.1	Indicateur de pH	140	14
11.1.1	Choix de l'indicateur pour un dosage	140	14
11.1.2	Mesure du $pK_a$ d'un indicateur coloré par spectrophotométrie	142	14
11.2	Indicateurs colorés acido-basiques	145	14.3 N
11.2.1	Teinte sensible d'un indicateur coloré	145	CHAPI
11.2.2	Indicateur coloré d'origine naturelle	147	15.1 P
11.3	Indicateurs redox	148	15
11.3.1	Définition d'un indicateur coloré redox	148	15
11.3.2	Dosage en présence d'un indicateur coloré rédox	149	15.2 É
11.3.3	Substance redox auto-indicatrice	151	15
11.4	Indicateur de complexation : cas du dosage de $Zn^{2+}$ par l'EDTA	151	15.3 É
11.5	Indicateur coloré de fin de précipitation	154	15
11.5.1	Dosage de Mohr	154	15.4 É
11.5.2	Dosage de Volhard	154	15
	CHAPITRE 12 • CONDUCTIMÉTRIE	155	15.5 A
12.1	Mise en évidence de la présence d'ions en solution	155	CHAPI
12.2	Détermination d'une constante de cellule	157	16.1 M
12.3	La conductivité de l'eau pure	158	16.2 M
12.4	Solubilité du sulfate de calcium	160	16.3 E
12.5	Application au suivi conductimétrique d'un dosage acide-base	161	16
12.6	Dosage acido-basique des ions ammonium par conductimétrie	164	16
12.7	Mise en évidence de l'ionisation de l'acide éthanóique	165	16.4 E
	CHAPITRE 13 • ÉLECTROLYSE	168	16.5 S
13.1	Phénoménologie de l'électrolyse en solution aqueuse	168	
13.1.1	Espèces réagissantes : électrolyse d'une solution de HI	169	
13.1.2	Réaction du solvant : Électrolyse d'une solution de $Na_2SO_4$	171	
13.1.3	Réaction d'une électrode : Électrolyse d'une solution de $SnCl_2$	173	
13.2	Électrolyse du chlorure de sodium	175	
13.2.1	Électrolyse de la solution de chlorure de sodium	176	



13.2.2	Étude quantitative des réactions aux électrodes	178
13.3	Applications de l'électrolyse	184
13.3.1	Anodisation de l'aluminium	184
13.3.2	Analyse de l'eau : électrolyse d'une solution de $H_2SO_4$	187
CHAPITRE 14 • PILES, ACCUMULATEURS		189
14.1	Piles	190
14.1.1	La pile Daniell	190
14.1.2	Pile de concentration	193
14.1.3	Une pile qui débite	195
14.1.4	La pile Leclanché : compréhension de son fonctionnement	198
14.1.5	Note sur les autres piles commerciales	200
14.2	L'accumulateur au plomb	201
14.2.1	Expérience	201
14.2.2	Pendant la première charge	203
14.2.3	Pendant la décharge	203
14.2.4	Le rôle du métal plomb des électrodes	204
14.2.5	Résumé des points importants à propos de l'accumulateur au plomb	204
14.2.6	Note sur les autres accumulateurs commerciaux	204
14.3	Note historique	205
CHAPITRE 15 • NOTION D'ÉLECTRODE		206
15.1	Potentiel d'électrode	207
15.1.1	Mesure de différences de potentiel entre électrodes	207
15.1.2	Facteur influençant le potentiel d'une électrode	208
15.2	Électrodes de référence	210
15.2.1	Fabrication d'une électrode au calomel	210
15.2.2	Autres électrodes de références	212
15.3	Électrode de pH	213
15.3.1	Principe de l'étalonnage d'un pH-mètre	213
15.3.2	Fonctionnement et spécificité d'une électrode de verre	215
15.4	Électrode et corrosion	217
15.4.1	Anode sacrificielle	218
15.4.2	Passivation	220
15.5	Autres expériences illustrant le concept d'électrode	223
CHAPITRE 16 • DISSOLUTION DE COMPOSÉS IONIQUES		224
16.1	Mise en évidence de la formation d'ions	225
16.2	Mise en évidence de la saturation	226
16.3	Effet de la température sur la solubilité	227
16.3.1	Cas des composés plus solubles à chaud qu'à froid	228
16.3.2	Effet négatif de la température sur la solubilité : cas de l'acétate de calcium hydraté	230
16.4	Effet thermique	231
16.4.1	Expérience qualitative	232
16.4.2	Expérience quantitative	233
16.5	Solubilité, produit de solubilité	235

16.6 Effet du pH	235
16.7 Effet de la complexation	235
CHAPITRE 17 • DISSOLUTION DE COMPOSÉS MOLÉCULAIRES	238
17.1 Dissolution d'un composé moléculaire : cas de $\text{NH}_3$	238
17.2 Dissolution avec formation d'ions : cas de HCl	240
17.3 Notion de solution saturée : cas de $\text{CO}_2$	241
17.4 Effet de la température sur la solubilité : cas de $\text{Cl}_2$	242
17.5 Effet thermique : cas de $\text{H}_2\text{SO}_4$	241
17.6 Effet volumique : cas du mélange eau-éthanol	244
17.7 Effet du solvant : cas de $\text{I}_2$	246
17.8 Effet du pH sur la solubilité : cas de l'eau de Javel	247
17.9 Dissolution et réaction avec le solvant : cas de $\text{CO}_2$	249
CHAPITRE 18 • CHALEUR DE RÉACTION	251
18.1 Expérience préliminaire : détermination de la chaleur en eau d'un Dewar.	252
18.2 Chaleur de combustion	254
18.3 Chaleur d'une réaction acido-basique : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$	257
18.4 Chaleur d'une réaction rédox : $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$	259
18.5 Mesure de chaleur latente de changement d'état : cas du cyclohexane et de l'eau	262
CHAPITRE 19 • CINÉTIQUE	264
19.1 Mise en évidence qualitative d'une cinétique	264
19.1.1 La bouteille bleue	265
19.1.2 Variante : la bouteille multicolore	267
19.2 Étude cinétique de la réaction entre $\text{H}_2\text{O}_2$ et $\text{I}^-$	267
19.2.1 Introduction de la vitesse moyenne : utilisation d'une échelle de teintes	267
19.2.2 Introduction de la vitesse instantanée : suivi spectrophotométrique	271
19.2.3 Suivi de la cinétique par ajout de thiosulfate	275
19.3 Catalyse : réaction d'oxydation du tartrate par l'eau oxygénée	278
19.4 Cinétique de la réaction de dismutation de l'eau oxygénée : étude quantitative	280
19.5 Autres réactions mettant en jeu la catalyse	283
BIBLIOGRAPHIE	284
INDEX	285
INDEX DES FORMULES CHIMIQUES	292

Certes  
propos  
d'expé  
propos  
chimie

Parce c  
auteur  
été cor

Pour c

En reg  
sés ch  
seulen  
simult

Nous  
inform  
cadre

En eff  
qu'elle  
l'écon  
tels dé

Cet ou

l'Écol

recher

élabor

Lyon J

appor

ont gu

Pour c

- le te

- le te

- la di

Le chi  
qui pr

# Chimie organique expérimentale

**Mireille Blanchard-Desce,  
Bruno Fosset, François Guyot,  
Ludovic Jullien, Serge Palacin**

COLLECTION ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

HERMANN  ÉDITEURS DES SCIENCES ET DES ARTS

## Table

<i>Au lecteur</i>	xi	
<i>Introduction</i>		1
CHAPITRE I : <i>Matériel et techniques au laboratoire</i>		5
I Présentation du matériel		5
1) La verrerie		5
2) Appareillage		7
II Principales opérations au laboratoire		10
1) Montage de reflux		10
2) Distillation		13
3) Extraction		32
4) Séchage		40
5) Filtration		43
6) Recristallisation		46
III Réactifs au laboratoire		48
1) Les produits commerciaux		48
2) Les réactifs usuels		50
IV Sécurité au laboratoire		52
1) Produits toxiques - Produits corrosifs		52
2) Danger d'incendie et d'explosion		70
3) Destruction des produits dangereux		77
CHAPITRE II : <i>Alcanes</i>		79
1) Bromation radicalaire du cyclohexane		79
2) Chloration du diméthyl-2,3 butane		81
CHAPITRE III : <i>Alcènes</i>		85
I Hydrogénation		85
Hydrogénation catalytique du méthyl-2 butène-2		85
II Additions électrophiles		87
1) Bromation du stilbène		87
2) Hydratation de l'hexène-1		90
3) Oxymercuration de l'hexène-1		93
4) Polymérisation cationique du styrène		95
5) Addition d'un carbène sur le cyclohexène		97
III Réactions radicalaires		99
1) Isomérisation Z-E de l'acide maléique		99
2) Addition du bromure d'hydrogène sur l'hexène-1 (effet Kharasch)		101
3) Polymérisation du styrène		104

IV	Addition nucléophile	107
	Polymérisation anionique du styrène	107
V	Additions concertées	109
	1) Cycloaddition 4 + 2 : réaction du tétracyanoéthylène sur l'anthracène (réaction de Diels-Alder)	109
	2) Réaction de l'anhydride maléique sur le butadiène-1,3	111
	3) Cycloaddition 2 + 2 : réaction de l'anhydride maléique sur le benzène	113
VI	Réactions d'oxydation	115
	1) Oxydation du cyclohexène par le permanganate de potassium	115
	2) Oxydation catalytique de l'éthylène (procédé Wacker)	116
CHAPITRE IV : <i>Alcynes</i>		121
I	Additions électrophiles	121
	1) Bromations comparées du phénylacétylène et du styrène	121
	2) Hydratation du diméthyl-2,5 diol-2,5 hexyne-3	123
II	Additions concertées	125
	Cycloaddition 4 + 2 du dicarbométhoxyacétylène sur la tétraphénylcyclopentadiénone (réaction de Diels-Alder)	125
III	Réactions spécifiques des alcynes vrais	128
	1) Formations d'acétylures	128
	2) Couplage oxydant du méthyl-3 ol-3 butyne-1 (réaction de Glaser)	130
CHAPITRE V : <i>Aromatiques</i>		133
I	Substitutions électrophiles	133
	1) Bromations comparées de quelques dérivés aromatiques	133
	2) Nitrations comparées du toluène et du tertbutylbenzène	135
	3) Nitration du résorcinol	137
	4) Sulfonation du toluène	141
	5) Alkylation de Friedel et Crafts : synthèse du cristal violet	143
	6) Hydroxyalkylation : synthèse d'une résine formol-aniline	147
	7) Acylation de Friedel et Crafts : acétylation du ferrocène	149
	8) Synthèse de la dihydroxy-3,4 acétophénone (transposition de Fries)	151
II	Substitutions nucléophiles	154
	Mise en évidence de sels de Meisenheimer	154
III	Réactions d'oxydation	157
	1) Chloration du benzène	157
	2) Oxydation du rubrène	159
	3) Préparation de la naphtoquinone	161
IV	Réactivité en position benzylique	163
	Bromation radicalaire de l'acide paratoluïque	163
CHAPITRE VI : <i>Halogénures d'alkyles et d'aryles</i>		165
I	Substitutions nucléophiles	165
	1) Réaction d'échange d'halogènes	165
	2) Solvolysse du chlorure de tertibutyle	167
	3) Synthèse d'un éther par transfert de phase	169

4)	Préparation
5)	Synthèse
II	Réactions d'
1)	Cinétique
2)	Synthèse
III	Couplage ré
	Synthèse

CHAPITRE VII : *A*

I	Réactivité n
1)	Équilibre
2)	Réaction
II	Rupture de
1)	Déshydr
2)	Synthèse
3)	Substitut
III	Réarrangem
1)	Transpos
2)	Réarrang
3)	Transpos
IV	Oxydations
1)	Deshydr
2)	Principe
3)	Oxydatic
4)	Test des
5)	Oxydatic

CHAPITRE VIII : *A*

I	Additions n
1)	Formati
2)	Formati
3)	Méthylat
4)	Formati
II	Acylation d
	Préparat
III	Réactions d
1)	Nitrosati
2)	Nitrosati

CHAPITRE IX : *O*

I	Préparation:
1)	Synthèse
2)	Synthèse
II	Réaction sur
	Dosagé c



107	4) Préparation du thiokol-A	172
107	5) Synthèse malonique du dicarboxy-1,1 cyclopropane	173
109	II Réactions d'élimination	179
	1) Cinétique d'élimination	179
109	2) Synthèse du phénylacétylène	182
111	III Couplage réducteur	184
113	Synthèse du dinitro-2,2' biphenyl (réaction d'Ullmann)	184
115		
115		
116	CHAPITRE VII : <i>Alcools - Phénols - Éthers</i>	187
	I Réactivité nucléophile de l'oxygène	187
121	1) Équilibre d'estérification	187
	2) Réaction de cétylation	190
121	II Rupture de la liaison carbone-oxygène	193
121	1) Déshydratation du méthyl-2 cyclohexanol	193
123	2) Synthèse de l'éther di-n-butylique	195
125	3) Substitutions compétitives sur le butanol-1	198
125	III Réarrangements	200
128	1) Transposition pinacolique	200
128	2) Réarrangement sigmatropique d'un éther de p-crésyle et d'allyle	202
130	3) Transposition du butène-1 ol-3	204
	IV Oxydations	206
133	1) Deshydrogénation catalytique de l'éthanol : la lampe sans flamme	206
	2) Principe de l'alcootest	208
133	3) Oxydation de l'alcool benzylique en benzaldéhyde	210
133	4) Test des phénols	212
135	5) Oxydation de l'hydroquinone	214
137		
141	CHAPITRE VIII : <i>Amines</i>	217
143	I Additions nucléophiles sur les aldéhydes et les cétones	217
147	1) Formation d'imines : Synthèse d'une quinoxaline	217
149	2) Formation d'imines : Réaction de l'éthylènediamine sur l'aldéhyde salicylique	219
151	3) Méthylation des amines (réaction d'Eischweiler-Clarke)	222
154	4) Formation d'une énamine	224
154	II Acylation d'amines	226
157	Préparation du nylon 10-6	226
157	III Réactions de nitrosation	229
159	1) Nitrosation de la diphénylamine	229
161	2) Nitrosation de la N-N diméthylaniline	231
163		
163	CHAPITRE IX : <i>Organométalliques</i>	233
165	I Préparations	233
165	1) Synthèse du bromure de phénylmagnésium	233
165	2) Synthèse du ferrocène	236
167	II Réaction sur les composés à hydrogène mobile	239
169	Dosage d'un organomagnésien	239

III Réactivité nucléophile	241
1) Substitution nucléophile sur un halogénure d'aryle (couplage de Wurtz)	241
2) Réaction d'un organomagnésien sur l'orthoformiate d'éthyle	244
3) Réaction du bromure de phénylmagnésium sur la cétone de Michler	246
4) Synthèse du triphénylméthanol	248
5) Addition du bromure de phénylmagnésium sur le dioxyde de carbone	250
IV Oxydations	252
Couplage oxydant d'organocuvieux	252
CHAPITRE X : <i>Aldéhydes et Cétones</i>	257
I Additions nucléophiles non suivies d'élimination	257
1) Hydratation du chloral	257
2) Mutarotation du glucose	259
3) Condensation benzoïne	262
4) Dépolymérisation-polymérisation du méta	264
II Additions nucléophiles suivies d'élimination	267
1) Formations d'osazones : test d'identification des sucres	267
2) Préparation d'une résine urée-formol	270
3) Condensation du malonodinitrile sur le cinnamaldéhyde (réaction de Knœvenagel)	273
4) Préparation de l'acide cinnamique (réaction de Perkin)	275
III Réactions faisant intervenir une liaison C-H en $\alpha$ du C=O	278
1) Étude de l'équilibre céto-énolique	278
2) Cétolisation de la propanone	282
3) Aldolisation croisée : réaction du cinnamaldéhyde sur la propanone	284
4) Synthèse de la tétraphénylcyclopentadiénone	288
5) Acylation en $\alpha$ du CO : utilisation d'une énamine	290
6) Test iodoforme	293
IV Oxydations et réductions	296
1) Oxydation du glucose par le nitrate d'argent ammoniacal	296
2) Oxydation du glucose par la liqueur de Fehling	297
3) Expérience de la bouteille bleue	299
4) Réaction de Cannizzaro	301
5) Réduction du benzile par le borohydrure de sodium	303
6) Réduction de l'acétophénone par l'hydrazine (réaction de Wolff-Kishner)	305
7) Photopinacolisation de la benzophénone	308
CHAPITRE XI : <i>Acides et dérivés</i>	311
I Passage de l'acide à ses dérivés	311
1) Préparation de l'anhydride phtalique	311
2) Synthèse du chlorure d'acétyle	312
II Passage entre fonctions dérivées	314
1) Acétylation de l'acide orthohydroxybenzoïque : préparation de l'aspirine	314
2) Réaction de l'aniline sur le chlorure d'acétyle	317
3) Préparation de l'oxamide	318
4) Hydratation du benzonitrile	320

III Hydrolyse
1) Saponi
2) Hydro
IV Réactivité
Prépar

CHAPITRE XII

I Propriété
1) Dosag
2) Sépari
II Propriété
Test d

CHAPITRE XIII

I Réaction
1) Cinéti
2) Réact
3) Synth
4) Synth
II Réductic
1) Rédu
2) Rédu
3) Rédu
III Oxydatic
1) Oxyd
Isomé
2) Oxyd
IV Réactivit
Trans

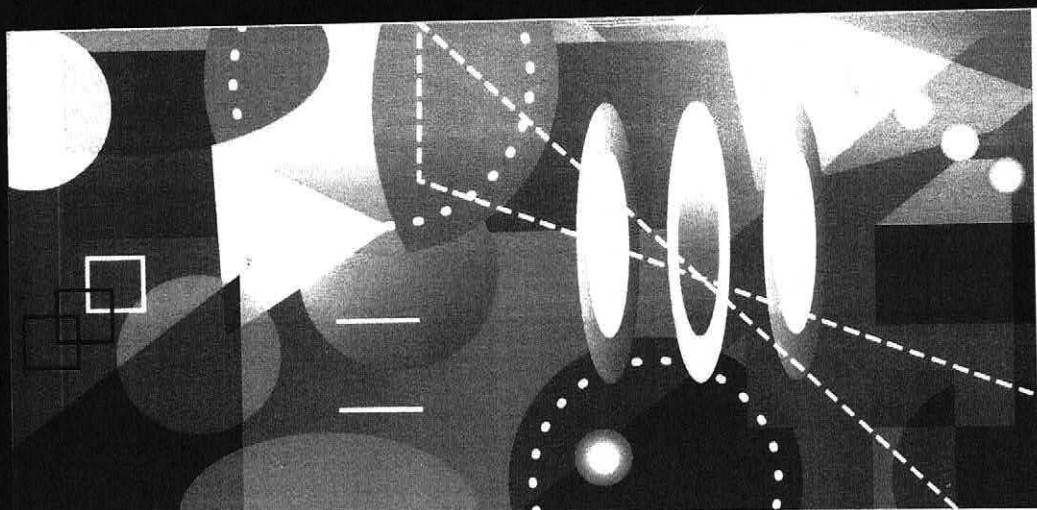
CHAPITRE XIV

I Silicium
Silyla
II Phospho
1) Prépa
nuclé
2) Synth
3) Prépa
4) Synth

III Soufre
1) Oxyd
2) Oxyd
3) Synth
4) Synth

*Synthèses mu.  
Index*

241	III Hydrolyse des dérivés d'acide	322
241	1) Saponification d'un ester	322
244	2) Hydrolyse du benzonitrile	325
246	IV Réactivité des orthodinitriles aromatiques	328
248	Préparation de la phtalocyanine de manganèse	328
250		
252	CHAPITRE XII : <i>Acides aminés</i>	331
252	I Propriétés acido-basiques	331
	1) Dosages pH-métriques de la glycine	331
	2) Séparation d'acides aminés	333
257	II Propriétés complexantes de la liaison peptidique	339
	Test du biuret	339
257		
257		
259	CHAPITRE XIII : <i>Composés possédant une liaison N-N ou N-O</i>	341
262	I Réactions des sels de diazonium	341
264	1) Cinétique de décomposition du chlorure de benzènediazonium	341
267	2) Réactivité des sels de diazonium alicycliques (réarrangement de Demjanov)	344
267	3) Synthèse du fluorobenzène (réaction de Schiemann)	347
270	4) Synthèse d'un colorant : le rouge para	350
	II Réductions du nitrobenzène	352
273	1) Réduction du nitrobenzène en aniline	352
275	2) Réduction du nitrobenzène en N-phénylhydroxylamine	354
278	3) Réduction du nitrobenzène en hydrazobenzène	356
278		357
282	III Oxydation d'un composé possédant une liaison N-N	357
284	1) Oxydation de l'hydrazobenzène en azobenzène.	357
288	Isomérisation du E-azobenzène en Z-azobenzène.	
290	2) Oxydation chimiluminescente du luminol	361
293	IV Réactivité des oximes	364
296	Transposition de Beckmann	364
296		
297	CHAPITRE XIV : <i>Silicium - Phosphore - Soufre</i>	367
299	I Silicium	367
301	Silylation du glucose	367
303	II Phosphore	369
305	1) Préparation du bromure de paracarboxybenzyltriphenylphosphonium :	369
308	nucléophilie des phosphines	371
	2) Synthèse du paracarboxystyrène (réaction de Wittig)	373
	3) Préparation du benzylphosphonate de diéthyle (réaction d'Arbousov)	375
	4) Synthèse du diphényl-1,4 butadiène-1,3 (réaction de Wittig-Horner)	377
311	III Soufre	377
311	1) Oxydation de la cystéine en cystine	379
312	2) Oxydation du sulfure de méthyle et de phényle	382
314	3) Synthèse du benzoyl-1 phényl-2 cyclopropane : utilisation d'un ylure au soufre	385
314	4) Synthèse d'un hétérocycle soufré	
317		388
318	<i>Synthèses multiétapes</i>	389
320	<i>Index</i>	



**Chimie**

**CAPES ET AGRÉGATION  
DE SCIENCES PHYSIQUES**

**100 manipulations  
de chimie  
organique et inorganique**

Nouvelle édition

CDI - Lycée La Martinière Monplaisir



02639

Jacques Mesplède – Christine Saluzzo

**Bréal**



## Sommaire

### Partie 1 : Techniques expérimentales en chimie organique

1- Sécurité.....	12
2- Techniques du laboratoire.....	16
2.1. Montages et rappels théoriques.....	17
2.2. Techniques de purification.....	28
2.3. Techniques d'analyse physico-chimiques.....	

### Partie 2 : Manipulations en chimie organique

#### Caractérisation des groupes fonctionnels

N° 01 Caractérisation des alcools.....	36
N° 02 Caractérisation des aldéhydes et des cétones.....	38
N° 03 Caractérisation des aldéhydes.....	41
N° 04 Caractérisation des alcènes.....	43
N° 05 Caractérisation des amines aliphatiques.....	45
N° 06 Caractérisation des amines aromatiques primaires.....	47
N° 07 Caractérisation des acides $\alpha$ -aminés.....	49
N° 08 Caractérisation des polypeptides.....	50

#### Dosages de quelques groupes fonctionnels

N° 09 Dosage des acides carboxyliques.....	51
N° 10 Dosage des amines.....	54
N° 11 Dosage d'oxydoréduction.....	56
N° 12 Dosage d'un organomagnésien.....	59
N° 13 Dosage d'un acide $\alpha$ -aminé.....	60
N° 14 Dosage des doubles liaisons éthyléniques.....	63

N° 15 R  
N° 16 R  
N° 17 R  
N° 18 R  
N° 19 E  
N° 20 D

N° 21 F  
N° 22 F  
N° 23 C  
N° 24 C  
N° 25 F  
N° 26 F  
N° 27 F  
N° 28 I  
N° 29 A  
N° 30 F  
N° 31 F

N° 32 C  
N° 33 E  
N° 34 S  
N° 35 S  
N° 36 I  
N° 37 S  
N° 38 I  
N° 39 S  
N° 40 I  
N° 41 S  
N° 42 S  
N° 43 S  
N° 44 S  
N° 45 I

N° 46  
N° 47  
N° 48  
N° 49



## Alcools

N° 15	Réaction du méthylcyclohexanol avec l'acide chlorhydrique.....	64
N° 16	Réaction du butan-1-ol avec l'acide bromhydrique.....	66
N° 17	Réaction avec le sodium métallique.....	68
N° 18	Réactions de combustion des alcools.....	70
N° 19	Estérification du linalol.....	72
N° 20	Déshydratation du cyclohexanol.....	75

## Aldéhydes-Cétones

N° 21	Préparation de la phénylhydrazone de la cyclohexanone.....	77
N° 22	Préparation de l'oxime de la cyclohexanone.....	79
N° 23	Oxydation d'un aldéhyde : synthèse de l'acide benzoïque.....	81
N° 24	Oxydation de la cyclohexanone en acide adipique.....	83
N° 25	Réduction de la cyclohexanone.....	86
N° 26	Réduction du benzile.....	89
N° 27	Réaction de Cannizzaro.....	91
N° 28	Dismutation du benzile avec migration.....	94
N° 29	Aldolisation croisée, crotonisation.....	96
N° 30	Réaction de condensation aldolique.....	98
N° 31	Résine urée-formol.....	101

## Acides carboxyliques et dérivés

N° 32	Comparaison des odeurs de différents esters.....	103
N° 33	Estérification du 3-méthylbutan-1-ol.....	104
N° 34	Synthèse de l'anhydride phtalique.....	107
N° 35	Synthèse de dérivés d'acide.....	108
N° 36	Décarboxylation de l'acide propanedioïque.....	110
N° 37	Synthèse de l'acide "E" cinnamique.....	111
N° 38	Hydrolyse d'un ester.....	113
N° 39	Saponification d'un ester.....	115
N° 40	Hydrolyse d'un nitrile.....	117
N° 41	Synthèse d'un ester phénolique.....	119
N° 42	Synthèse d'un amide : l'acétanilide.....	122
N° 43	Synthèse du paracétamol.....	125
N° 44	Synthèse de l'aspirine.....	127
N° 45	Réaction de Diels-Alder.....	129

## Amines

N° 46	Préparation de l'ion tétraéthylammonium.....	132
N° 47	Réaction d'Eschweiler-Clarke : la N,N-diméthylbenzylamine.....	134
N° 48	Préparation de la phénacétine.....	136
N° 49	Polymérisation : formation du nylon 6,6.....	137

12

16

17

28

36

38

41

43

45

47

49

50

51

54

56

59

60

63

### Réactions de substitution électrophile

N° 50	Synthèse du 3-nitrobenzoate de méthyle.....	138
N° 51	Synthèse de la phénolphtaléine.....	140
N° 52	Substitution électrophile aromatique.....	141
N° 53	Réaction d'acylation de Friedel et Craft.....	143

N° 71  
N° 72  
N° 73  
N° 74

### Réactions de substitution nucléophile

N° 54	Synthèse de l'iodure de butyle.....	146
N° 55	Synthèse de l'acide phénoxyacétique.....	147
N° 56	Synthèse des sels de Meisenheimer.....	149
N° 57	Synthèse du 2,4-dinitrophénylphényléther.....	150

N° 75  
N° 76  
N° 77  
N° 78

### Réaction d'addition

N° 58	Synthèse du 1,2-dibromo-1-phényléthane.....	152
N° 59	Synthèse du polystyrène par polymérisation anionique.....	154
N° 60	Synthèse du polystyrène par polymérisation cationique.....	156

Techni  
P

### Estérification, hydrolyse, saponification

N° 61	Synthèse du chlorhydrate de phénylalanate d'éthyle.....	158
N° 62	Synthèse d'un savon.....	161

### Organométalliques

N° 63	Synthèse du triphénylméthanol.....	163
N° 64	Synthèse du 1-phénylbut-3-èn-1-ol.....	166

N° 79  
N° 80  
N° 81  
N° 82  
N° 83  
N° 84  
N° 85  
N° 86  
N° 87  
N° 88  
N° 89  
N° 90

### L'eau en chimie organique

N° 65	Solubilité de l'eau dans les solvants organiques.....	168
N° 66	Utilisation d'agents desséchants.....	169
N° 67	Hydrodistillation du clou de girofle.....	170
N° 68	Inversion du saccharose.....	172
N° 69	Hydrolyse de l'amidon.....	175
N° 70	Hydratation du 2-méthylbut-3-yn-2-ol.....	178

### Acides aminés, amides, polypeptides, polyamides

138	N° 71	Séparation d'un mélange d'acides aminés par chromatographie.....	181
140	N° 72	Synthèse de l'acide hippurique.....	183
141	N° 73	Hydrolyse de l'éthanamide en milieu acide et basique.....	185
143	N° 74	Préparation et caractérisation du benzamide.....	187

### Séparation, purification, caractérisation

146	N° 75	Extraction d'un produit naturel : le limonène.....	190
147	N° 76	Extraction d'un alcaloïde : la caféine.....	192
149	N° 77	Extraction de l'anéthol de l'anis étoilé.....	194
150	N° 78	Extraction d'un alcaloïde : la pipérine.....	195

### Partie 3 : Techniques expérimentales en chimie inorganique

152			
154			
156		Techniques de mesure	
		Potentiométrie .....	198

158  
161

### Partie 4 : Manipulations en chimie inorganique

#### Le fer et ses composés

163	N° 79	Préparation du fer ; transitions de phases.....	204
166	N° 80	Passage du fer(0) à l'état fer(II).....	206
	N° 81	Passage du fer(0) à l'état fer(III).....	207
	N° 82	Préparation des ions ferrate.....	209
	N° 83	Oxydation de fer(II) en fer(III).....	210
	N° 84	Réduction du fer(II) en fer(0).....	211
168	N° 85	Caractères analytiques des ions fer(II).....	212
169	N° 86	Dosages d'une solution aqueuse d'ions Fe <sup>2+</sup> .....	213
170	N° 87	Réduction du fer(III) en fer(II).....	216
172	N° 88	Caractères analytiques des ions fer(III).....	217
175	N° 89	Dosages d'une solution aqueuse d'ions Fe <sup>2+</sup> .....	218
178	N° 90	Le diagramme potentiel-pH du fer et son utilisation.....	220

## L'azote et ses composés en chimie inorganique

N° 91	Propriétés réductrices de l'ammoniac.....	223
N° 92	Propriétés complexantes de l'ammoniac.....	225
N° 93	Propriétés acido-basiques.....	226
N° 94	Propriétés de l'azote(II) dans NO.....	228
N° 95	Propriétés réductrices de l'azote(III).....	230
N° 96	Propriétés oxydantes de l'azote(V).....	232
N° 97	Dosages des solutions d'ions nitrate et nitrite.....	234

## Le zinc et ses composés

N° 98	Préparation du zinc métallique.....	235
N° 99	Propriétés réductrices du zinc par voie sèche.....	237
N° 100	Propriétés réductrices du zinc sur les espèces en solution.....	238
N° 101	Caractères analytiques de l'ion $Zn^{2+}(aq)$ .....	240
N° 102	Dosage d'une solution d'ion $Zn^{2+}(aq)$ .....	241

## Le dichlore et l'eau de Javel

N° 103	Préparation du dichlore.....	243
N° 104	Propriétés oxydantes du dichlore gazeux.....	246
N° 105	Préparation et dosage de l'eau de chlore.....	247
N° 106	Propriétés oxydantes de l'eau de chlore.....	249
N° 107	Préparation d'une eau de Javel.....	250
N° 108	Propriétés oxydantes d'une eau de Javel.....	251
N° 109	Propriétés basiques d'une eau de Javel.....	253

## Le dioxygène et l'eau oxygénée

N° 110	Préparation du dioxygène.....	254
N° 111	Propriétés oxydantes du dioxygène gazeux.....	255
N° 112	Propriétés oxydantes du dioxygène en solution.....	257
N° 113	Préparation d'une eau oxygénée.....	261
N° 114	Propriétés oxydantes d'une eau oxygénée.....	262
N° 115	Propriétés réductrices d'une eau oxygénée.....	264
N° 116	Dismutation de l'eau oxygénée.....	266
N° 117	Oxydation des ions cobalt(II).....	267

## Annexes

Annexe 1	: Tables de données infrarouges.....	269
Annexe 2	: Propriétés de quelques solvants.....	274
Annexe 3	: Diagrammes potentiel-pH.....	276
Annexe 4	: Concentrations de quelques solutions commerciales.....	279
Annexe 5	: $pK_A$ de quelques acides et bases en solution aqueuse à 25°C.....	280

## Index et tableau périodique

R. DAVID - J. BENOIT

chimie

pratique

**VUIBERT**



# table des matières

## CHIMIE GÉNÉRALE

1. Analyse immédiate .....	15
2. Modèles moléculaires .....	21
3. Éléments d'analyse qualitative .....	25
4. Notions essentielles sur les dosages. Dosages classiques .....	35
5. Oxydation. Réduction. Réduction d'un cation ou de l'ion $H^+$ par un métal. Échelle d'électronégativité .....	41
Potentiels normaux d'oxydoréduction de quelques systèmes .....	45
6. Expériences sur les principaux réducteurs et les principaux oxydants .....	47
7. Expériences sur l'oxydoréduction. Réactions qualitatives en solutions aqueuses .....	51
8. Expériences sur l'ionisation de l'eau. <i>pH</i> des solutions d'acides et de bases .....	55
Tableau des indicateurs de <i>pH</i> .....	58
9. Fonction acide, action des acides sur les métaux .....	59
10. Neutralisation d'un acide par une base. <i>pH</i> des solutions salines ..	63
11. Dosage d'un polyacide et d'un acide faible par une base forte ...	67
12. Expériences illustrant la notion de complexe .....	69
13. Expériences sur la catalyse .....	71

## CHIMIE MINÉRALE

14. L'hydrogène .....	77
15. Le chlore .....	83
Le brome et l'iode .....	95
16. HCl, HBr, HI .....	99
17. L'oxygène .....	105
18. L'ozone .....	113
19. Le soufre .....	119
20. Transformation du soufre en $SO_2$ et $SO_3$ .....	127
21. L'acide sulfurique .....	129
22. L'hydrogène sulfuré .....	133
23. L'eau .....	139
Tableau des produits de solubilité des principaux sels et hydro- xydes .....	145
Principaux mélanges réfrigérants .....	146
24. L'eau oxygénée .....	147
25. L'azote .....	151
26. Les oxydes d'azote .....	155
27. L'acide nitrique .....	169
28. L'ammoniac et sa solution aqueuse .....	173
L'ion ammonium .....	178
29. Le phosphore .....	179
30. Le carbone .....	185
31. L'oxyde de carbone (ou monoxyde de carbone) .....	189

32. L'anhydride carbonique (ou dioxyde de carbone) . . . . .	193
33. Indications sur les principaux minéraux et minerais . . . . .	197
34. Expériences illustrant les méthodes générales de la métallurgie . . . . .	205
35. Propriétés physiques et chimiques du fer . . . . .	209
36. Le zinc . . . . .	215
L'hydroxyde de zinc . . . . .	219
37. L'aluminium . . . . .	221
L'alumine . . . . .	224
38. Le cuivre . . . . .	227
39. Le plomb . . . . .	233
Les oxydes de plomb . . . . .	237
40. Les alcalins et les alcalino-terreux . . . . .	239
 <b>CHIMIE ORGANIQUE</b>	
41. Analyse organique qualitative et quantitative . . . . .	243
42. Le méthane et les pétroles . . . . .	245
43. L'éthylène . . . . .	249
44. L'acétylène . . . . .	253
45. L'alcool éthylique . . . . .	259
46. L'oxyde d'éthyle . . . . .	267
47. L'éthanal . . . . .	269
L'acétone . . . . .	272
48. L'acide acétique . . . . .	273
49. Le glycérol . . . . .	277
50. Le glucose . . . . .	281
51. L'acétamide . . . . .	286
L'urée . . . . .	287
52. La monoéthylamine . . . . .	289
53. Le benzène . . . . .	291
54. Le phénol . . . . .	295
55. L'aniline . . . . .	299
56. Les macromolécules . . . . .	303
<b>CONSTANTES PHYSIQUES DES SELS ET DES HYDROXYDES USUELS</b> . . . . .	<b>307</b>
<b>ANNEXE</b> . . . . .	<b>313</b>
<b>APPENDICE I</b> . . . . .	<b>317</b>
<b>APPENDICE II : Éléments de sécurité dans les laboratoires d'enseignement</b> . . . . .	<b>323</b>
<b>APPENDICE III : Éléments de technologie</b> . . . . .	<b>327</b>
<b>CONCLUSION</b> . . . . .	<b>329</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE</b> . . . . .	<b>331</b>
<b>CLASSIFICATION DE MENDELEIEV</b> . . . . .	<b>332</b>
<b>TABLEAU DES MASSES ATOMIQUES</b> . . . . .	<b>333</b>

Jacques DROUIN

Avec la collaboration de

Cédric Versaud

Cyril Barsu, Béatrice Dubessy, Jacques Gentili

Odile Coulombel, Agnès Crépet

MANIPULATIONS  
*COMMENTÉES*

DE

CHIMIE ORGANIQUE

3e édition, révisée et augmentée



CDI - Lycée La Martinière Monplaisir



08226

Librairie du CEDRE

[www.librairieducedre.biz](http://www.librairieducedre.biz)

*Manipulations commentées de chimie organique*

2.5.4	Combinaisons des phrases de sécurité	30
2.6	La tenue du chimiste dans le laboratoire	30
<b>Chapitre 3</b>	<b>Préparation, conduite, analyse et description d'une manipulation</b>	<b>31</b>
3.1	Préparation d'une manipulation	32
3.2	Moyens de chauffage et de refroidissement	34
3.2.1	Chauffage	34
3.2.2	Refroidissement	34
3.3	Préparation et conservation des solvants dits anhydres	35
3.4	Manipulation en atmosphère contrôlée	37
3.4.1	Réalisation d'un montage	38
3.4.2	Utilisation des seringues	40
3.4.3	Transfert à l'aiguille double	41
3.5	Le suivi d'une réaction	41
3.6	L'isolement du produit de la réaction (en anglais : work-up)	42
3.6.1	Extraction avec intervention d'une phase aqueuse	42
3.6.2	Distillation préparative	43
3.6.3	Distillation hétéroazéotropique	43
3.6.4	Cristallisation fractionnée	44
3.7	La purification du produit brut de réaction	44
3.7.1	Distillation	44
3.7.2	Recristallisation	45
3.7.3	Chromatographies	45
3.8	La description du travail expérimental	50
<b>Chapitre 4</b>	<b>Méthodes de dosage de réactifs et de mélanges d'espèces chimiques</b>	<b>53</b>
Manipulation 1	Coefficients de partage et techniques d'extraction	54
Manipulation 2	Séchage d'une phase organique étherée	56
Manipulation 3	Dosage de l'acide 3-chloroperbenzoïque	60
Manipulation 4	Dosage de l'hypochlorite de sodium	61
Manipulation 5	Dosage de l'hydrure de sodium	63
Manipulation 6	Dosage d'une solution de borane	65
Manipulation 7	Dosage du tétrahydroborate de sodium	67
Manipulation 8	Dosage d'une solution de méthyllithium	69
Manipulation 9	Dosage de diastéréoisomères : ( <i>R</i> )- <i>O</i> - acétylmandélates de 1-phényléthyle	72
Manipulation 10	Détermination de la masse molaire moyenne d'un polyamide	75
Manipulation 11	Détermination de la masse molaire moyenne d'un polystyrène	79
Manipulation 12	Dosage de la fraction énolisée d'un composé $\beta$ -dicarbonylé	85
Manipulation 13	Dosage d'une solution d'halogénure d'organomagnésium	88
Manipulation 14	Mesure d'un excès énantiomérique à l'aide d'un sel d'euprium(III)	91

Table des matières

30	<b>Chapitre 5 Réactions d'addition</b>	95
30	Manipulation 15 Préparation d'un alcool par action de l'isopropylate d'aluminium sur un aldéhyde	96
31	Manipulation 16 Préparation d'un alcool par action du borane sur une cétone	98
32	Manipulation 17 Préparation d'un alcool par action du tétrahydroborate de sodium sur une cétone	101
34	Manipulation 18 Préparation d'un alcool par action d'un dialkylhydroborate de lithium sur une cétone	104
34	Manipulation 19 Préparation d'un cyclohexa-1,4-diène par action du lithium sur un éther aromatique	107
35	Manipulation 20 Préparation d'un alcène par action de l'hydrogène sur un alcyne	111
37	Manipulation 21 Préparation d'un époxyde par action du perborate de sodium sur une $\alpha,\beta$ -énone	116
38	Manipulation 22 Préparation d'un époxyde par action d'un peracide sur un alcène	119
40	Manipulation 23 Préparation d'un époxyde par action du diméthylodioxyrane sur un alcène	121
41	Manipulation 24 Préparation d'un diol par action du periodate de sodium sur un alcène	124
41	Manipulation 25 Préparation d'un alcool par action de l'eau sur un alcène	128
42	Manipulation 26 Préparation d'un éther par action d'un alcool sur un alcène	132
42	Manipulation 27 Préparation d'une iodohydrine par action de l'iode sur un alcène	134
43	Manipulation 28 Préparation d'un dibromoalcane par action du tribromure de pyridinium sur un alcène	139
43	Manipulation 29 Réactivités comparées de l'hex-1-ène et de l'hex-1-yne vis à vis du dibrome	142
44	Manipulation 30 Préparation d'un époxyde par action d'un ylure de soufre sur une cétone	144
44	Manipulation 31 Préparation d'un hydroxyester par action d'un organozincique fonctionnel sur un aldéhyde	147
45	Manipulation 32 Préparation d'un alcool par action d'un halogénure d'organomagnésium sur une cétone	150
50	Manipulation 33 Préparation d'un alcool par action du bromure d'allyle sur un aldéhyde en présence de zinc, en milieu hydroorganique	156
53	Manipulation 34 Préparation d'un cycloalcénol par transposition sigmatropique d'un alcénal	159
54	Manipulation 35 Préparation d'une 3-arylcyclanone par action d'un cuprate mixte magnésien sur une $\alpha,\beta$ -énone	163
56	Manipulation 36 Préparation d'une 3-alkylcyclanone par action d'un dialkylcuprate de lithium sur une $\alpha,\beta$ -énone	168
60	Manipulation 37 Préparation d'une 3-alkylcyclanone par action d'un trialkylcuprate de dilithium sur une $\alpha,\beta$ -énone	173
61	Manipulation 38 Réaction de Diels et Alder sous catalyse acide au sens de Lewis	176
63	Manipulation 39 Formation d'un cyclopropane par action d'un ylure de soufre sur une $\alpha,\beta$ -énone	181
65	Manipulation 40 Polymérisation anionique du styrène en présence d'un organolithium	185
67	Manipulation 41 Polymérisation radicalaire du styrène en présence d'AIBN	190
69	Manipulation 42 Ene-réaction du benzyne et d'un alcène	192



*Manipulations commentées de chimie organique*

<b>Chapitre 6 Réactions d'élimination</b>	195
Manipulation 43 <sup>e</sup> Préparation d'une cétone par deséthoxycarboxylation d'un $\beta$ -cétoster en présence d'acide formique	196
Manipulation 44 Préparation d'une cétone par décarboxylation thermique d'un $\beta$ -cétacide	198
Manipulation 45 Préparation d'un alcène par décarboxylation thermique du sel de cuivre(I) d'un acide $\alpha,\beta$ -éthylénique	201
Manipulation 46 Préparation d'un aldéhyde par action de l'hypochlorite de sodium sur un alcool	205
Manipulation 47 Préparation d'un aldéhyde par action du diméthylsulfoxyde sur un alcool (oxydation de Swern)	208
<b>Chapitre 7 Réactions de transposition</b>	211
Manipulation 48 Préparation de l' $\epsilon$ -caprolactame par action de l'acide sulfurique sur l'oxime de la cyclohexanone	212
Manipulation 49 Préparation d'un <i>ortho</i> -allylphénol par transposition thermique d'un éther d'allyle et de phényle	215
Manipulation 50 Préparation d'un composé indolique par transposition thermique d'une phénylhydrazone de cyclanone	217
<b>Chapitre 8 Réactions d'échange (condensations, substitutions)</b>	219
Manipulation 51 Hydrolyse sélective d'un éther triméthylsilylique en présence d'un triméthylsilylalcyne	220
Manipulation 52 Hydrolyses simultanées d'un éther triméthylsilylique et d'un triméthylsilylalcyne en présence de fluorure de tétrabutylammonium	222
Manipulation 53 Epimérisation d'une cétone en présence d'hydrure de sodium	224
Manipulation 54 Préparation d'un alkylbenzène par action d'un silane sur une cétone aromatique	226
Manipulation 55 Préparation d'un alkylbenzène par action du polyméthylhydrosiloxane sur une cétone aromatique	228
Manipulation 56 Désoxygénation d'un aldéhyde par réduction de sa tosylhydrazone	232
Manipulation 57 Protection d'un alcool et d'un alcyne terminal par silylation	235
Manipulation 58 Protection d'un polyol par silylation	238
Manipulation 59 Estérification d'un acide carboxylique par le méthanol	240
Manipulation 60 Préparation d'un formiate par action d'un alcool sur l'anhydride mixte formique et acétique	242
Manipulation 61 Détermination de la configuration absolue d'un alcool secondaire énantiopur à l'aide de l'anhydride $\alpha$ -phénylbutyrique	244
Manipulation 62 Préparation d'un acétonide par action du 2,2-diméthoxypropane sur un diol	247
Manipulation 63 Préparation d'un acétal par action de l'orthoformiate de méthyle sur un aldéhyde	250
Manipulation 64 Protection sélective de groupements hydroxyyles dans un ose	253
Manipulation 65 Préparation d'un ester par action d'un alcool sur un chlorure d'acide	257
Manipulation 66 Préparation d'un éther par action d'un alcoolate sur un dérivé halogéné	259
Manipulation 67 Effet de solvant dans la réaction du naphth-2-olate de sodium sur le bromure	

Table des matières

		de benzyle	262
195	en	Manipulation 68 Préparation d'un ester par action d'un sel d'acide carboxylique sur un dérivé halogéné	266
196	de	Manipulation 69 Préparation d'une lactone par cyclisation d'un sel d'acide carboxylique $\omega$ -halogéné	268
198	(l)	Manipulation 70 Préparation d'une cétone par action de l'ozone sur un alcène	271
201		Manipulation 71 Préparation d'un ligand salen par condensation entre une diamine et un <i>ortho</i> -hydroxybenzaldéhyde	275
205		Manipulation 72 <i>N,N</i> -diméthylation d'une amine primaire à l'aide du formol et de l'acide formique	278
208		Manipulation 73 Protection d'une amine par formation d'un carbamate	281
211		Manipulation 74 Préparation d'un polyamide par action d'une diamine sur un dichlorure d'acide	284
212	me	Manipulation 75 Bromation sélective d'une cétone aromatique en $\alpha$ du carbonyle	286
215	er	Manipulation 76 Préparation d'un 1-haloalc-1-yne par action d'un dihalogène sur un alcynure de magnésium	288
217		Manipulation 77 Préparation d'un 1-bromoalc-1-ynol par action de l'hypobromite de potassium sur un alc-1-ynol	292
219		Manipulation 78 Vitesses relatives de bromation de quelques composés aromatiques	294
220		Manipulation 79 Préparation d'un iodure par action de l'acide iodhydrique sur un alcool	298
222		Manipulation 80 Préparation d'un bromure par oxydation d'un acétal à l'aide du <i>N</i> -bromo-succinimide	300
224		Manipulation 81 Préparation d'un chlorure aromatique à partir d'une amine aromatique en milieu non aqueux	304
226		Manipulation 82 Préparation d'un chlorure aromatique à partir d'une amine aromatique en milieu aqueux	307
228	ir	Manipulation 83 Préparation de l'iodobenzène à partir de l'aniline	309
232		Manipulation 84 C-silylation d'un énolate d'ester	313
235		Manipulation 85 Préparation du ferrocène	316
238		Manipulation 86 Préparation du ( $\pm$ )-1,1'-binapht-2-ol par action du chlorure de fer(III) sur le naphht-2-ol en milieu aqueux	321
240		Manipulation 87 Préparation du ( $\pm$ )-1,1'-binapht-2-ol par action du chlorure de fer(III) sur le naphht-2-ol sans solvant	323
242		Manipulation 88 Préparation d'un diyne par action de l'acétate de cuivre(II) sur un alcyne terminal	325
244		Manipulation 89 Condensation de Claisen du phénylacétate d'éthyle	327
247	liol	Manipulation 90 Condensation de Claisen-Schmidt entre aldéhyde et cétone	330
250		Manipulation 91 Condensation de Knoevenagel entre l'acide malonique et l'aldéhyde salicylique et lactonisation de l'hydroxyacide formé	333
253		Manipulation 92 Acétylation du toluène par l'anhydride acétique en présence de chlorure d'aluminium	335
257		Manipulation 93 Formylation de l'indole par le diméthylformamide en présence d'oxy-chlorure de phosphore	338
259	re		

*Manipulations commentées de chimie organique*

Manipulation 94	Alkylation d'un $\beta$ -cétoster en milieu hydroorganique	341
Manipulation 95	Préparation d'un $\alpha,\beta$ -époxyester par condensation de Darzens entre un $\alpha$ -chloroester et un aldéhyde	344
Manipulation 96	Préparation d'une cétone par action d'un organomanganate sur un chlorure d'acide	347
Manipulation 97	Préparation d'un haloalcane par action d'un organocuprate sur un $\omega$ -dihaloalcane	350
Manipulation 98	Préparation d'un 3-phénylacrylate de méthyle par action de l'iodobenzène sur l'acrylate de méthyle en présence d'acétate de palladium	354
Manipulation 99	Préparation d'un alcène par action d'un ylure de phosphore sur une cétone	357
Manipulation 100	Préparation d'un alcène par action du sel de sodium d'un phosphonoacétate d'éthyle sur un aldéhyde	361
Manipulation 101	Préparation d'un alcène par action du triméthylsilylacétate d'éthyle sur un aldéhyde en présence de fluorure de césium	364
Manipulation 102	Préparation d'un biphényle par action d'un acide boronique sur une bromoacétophénone en présence d'acétate de palladium	367
Manipulation 103	Préparation d'un diester par électrolyse de l'hémiester d'un diacide carboxylique	371
<b>Chapitre 9</b>	<b>Procédés de dédoublement</b>	375
Manipulation 104	Obtention des D- et L- thréonines à partir du conglomerat, par cristallisation préférentielle	376
Manipulation 105	Obtention des acides (+)- et (-)- mandéliques à partir du racémique, par séparation de leurs sels diastéréoisomères de (-)-éphédrine	384
Manipulation 106	Dédoublement de la <i>trans</i> -cyclohexane-1,2-diamine à l'aide de l'acide (+)-tartrique	393
Manipulation 107	Obtention des (R)-(+)- et (S)-(-)- 1,1'-binapht-2-ol par action du chlorure de N-benzylcinchonidinium sur le racémique	396
Manipulation 108	Préparation du (R)-(+)-1-phényléthanol par dédoublement enzymatique du ( $\pm$ )-pentanoate de 1-phényléthyle	399
<b>Chapitre 10</b>	<b>Procédés d'optimisation des réactions</b>	403
Manipulation 109	Préparation de l'aniline par action du borohydrure de sodium sur le nitrobenzène en présence de sels de cuivre(II)	407
Manipulation 110	Préparation de l'hydroxycitronellal par hydratation d'un imonium du citronellal	414
Manipulation 111	Préparation de l'isopulégol par action de sels de zinc sur le citronellal	422
<b>Index</b>		431
Par noms de réaction		431
Par types de réaction, selon la classification de W. Theilheimer		432
Par mots-clefs		434
Classement des réactifs par familles chimiques		436
Classement des produits par familles chimiques		439
<b>Table de matières</b>		441



**l'épreuve de  
travaux  
pratiques  
à l'oral des concours**

**sujets corrigés  
et commentés par  
des membres du jury**

**Florence Daumarie  
Richard-Emmanuel Eastes  
Valéry Prévost  
Thomas Zabulon**

ÉDITIONS  RUE D'ULM

## sommaire

<b>avant-propos</b>		VI
<b>préface</b>		VII
<b>introduction</b>		IX
<b>sujet 1</b>	Piles et électrolyseurs	1
<b>corrigé 1</b>		8
<b>sujet 2</b>	Constante de partage de I <sub>2</sub> . Constante de formation de I <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15
<b>corrigé 2</b>		21
<b>sujet 3</b>	Le ligand éthylènediamine ( <i>en</i> )	27
<b>corrigé 3</b>		33
<b>sujet 4</b>	Synthèse et étude d'un complexe du cobalt	39
<b>corrigé 4</b>		44
<b>sujet 5</b>	Produit de solubilité de Ba(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . Constante de formation de FeSCN <sup>2+</sup>	53
<b>corrigé 5</b>		57
<b>sujet 6</b>	L'eau de Javel	63
<b>corrigé 6</b>		68
<b>sujet 7</b>	Synthèse stéréospécifique d'un époxyde	73
<b>corrigé 7</b>		81
<b>sujet 8</b>	Synthèse de dérivés d'acides carboxyliques	89
<b>corrigé 8</b>		94
<b>sujet 9</b>	Synthèse d'un acide barbiturique : le véronal	99
<b>corrigé 9</b>		108
<b>sujet 10</b>	Synthèse peptidique	117
<b>corrigé 10</b>		125
<b>sujet 11</b>	Synthèse et étude d'une mérocyanine – Effet solvatochrome	133
<b>corrigé 11</b>		140
<b>sujet 12</b>	Les β-éliminations en chimie organique	153
<b>corrigé 12</b>		164
<b>sujet 13</b>	Réalisation d'une réaction de Wittig stéréosélective en milieu biphasique	173
<b>corrigé 13</b>		183
<b>sujet 14</b>	Illustration de la diastéréospécificité « <i>syn</i> » d'une réaction de dihydroxylation	191
<b>corrigé 14</b>		203
<b>sujet 15</b>	Addition régiosélective d'un organocuprate sur une cétone α,β-insaturée	211
<b>corrigé 15</b>		225
<b>annexes</b>	Tables de données spectroscopiques	233
<b>index</b>	Index par mots-clés	237
	Index des noms de molécules	243
	Index des spectres RMN, IR, UV-visible	247

gée de sciences  
gy-Pontoise et

égé de sciences  
n des concours

nces physiques  
s préparatoires

nces physiques  
s préparatoires



Élodie Martinand-Lurin  
Raymond Grüber

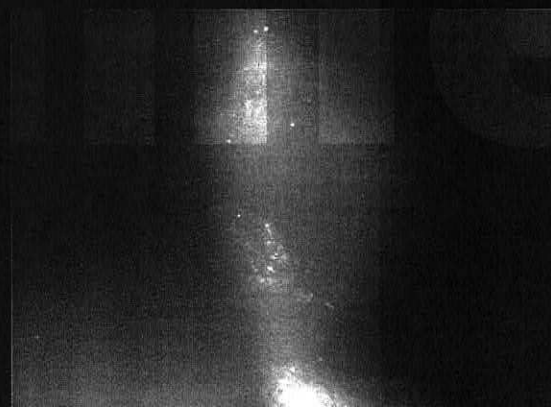
# 40 expériences illustrées de chimie générale et organique

La chimie, une science expérimentale



**EXPÉRIENCES  
ET FICHES TECHNIQUES**

Licence de chimie, Master,  
concours de l'enseignement  
supérieur et agrégation



 de boeck

Fiche 20. – Colonne de chromatographie .....	54
Fiche 21. – Distillation simple à pression atmosphérique .....	56
Fiche 22. – Distillation fractionnée à $P_{atm}$ ou sous pression réduite.....	58
Fiche 23. – Montage de Dean-Stark .....	60
Fiche 24. – Atmosphère inerte.....	62
Fiche 25. – Théorie de Hückel simple .....	64
<b>Chapitre 1 – Chimie analytique .....</b>	<b>67</b>
Manipulation 1. Titration d'une solution contenant des ions $Fe^{2+}$ et $Co^{2+}$ .....	71
Manipulation 2. Dosage des ions $Zn^{2+}$ dans l'eau .....	80
Manipulation 3. Dosage de la caféine par spectroscopie UV-visible.....	86
<b>Chapitre 2 – Phénomènes d'oxydo-réduction en chimie générale .....</b>	<b>93</b>
Manipulation 4. Électrodéposition du cobalt .....	97
Manipulation 5. Electrochimie en régime stationnaire : étude du couple $[Fe(CN)_6]^{3-}/[Fe(CN)_6]^{4-}$ .....	103
Manipulation 6. Electrochimie en régime non stationnaire : étude du complexe $[Co(en)_3]^{3+}$ .....	118
<b>Chapitre 3 – Méthodes spectroscopiques.....</b>	<b>127</b>
Manipulation 7. Suivi cinétique de la décoloration de l'érythrosine B .....	131
Manipulation 8. Principe et application de la spectroscopie IR en phase condensée.....	141
Manipulation 9. Dosage de l'Aspirine du Rhône® par fluorescence .....	151
Manipulation 10. Luminescence d'un complexe de terbium .....	157
<b>Chapitre 4 – Réactions acido-basiques en solution aqueuse .....</b>	<b>163</b>
Manipulation 11. Détermination du $pK_a$ à l'état excité du 2-naphtol.....	167
Manipulation 12. Diagramme E-pH de l'élément argent .....	175
Manipulation 13. Pouvoir tampon d'un tampon primaire : acide éthanoïque/acétate .....	182
<b>Chapitre 5 – Chimie des complexes des métaux de transition .....</b>	<b>189</b>
Manipulation 14. Étude du complexe $[Fe(SCN)_n]^{(3-n)+}$ .....	193

Manipulat

Manipulat

**Chapitre**

Manipulat

Manipulat

Manipulat

**Chapitre**

Manipulat

Manipulat

Manipulat

Manipulat

Manipulat

**Chapitre**

Manipulat

Manipulat

Manipulat

Manipula

**Chapitre**

Manipula

Manipula

Manipula

**Chapitre**

Manipula

Manipula

Manipula

**Chapitre**

Manipula

Manipula

Manipula

Manipulation 15. Étude des propriétés optiques de quelques complexes .....	201
Manipulation 16. Propriétés magnétiques de quelques complexes.....	209
<b>Chapitre 6 – Autour de quelques composés de l'élément azote .....</b>	<b>215</b>
Manipulation 17. Titrage des nitrates d'un engrais.....	219
Manipulation 18. Titrage de l'acétone contenue dans un dissolvant.....	226
Manipulation 19. Autour de quelques ligands azotés.....	232
<b>Chapitre 7 – Composés carbonylés .....</b>	<b>243</b>
Manipulation 20. Addition nucléophile sur une cétone.....	247
Manipulation 21. Condensation aldolique .....	254
Manipulation 22. Réaction de Verley-Doebner-Knoevenagel.....	260
Manipulation 23. Réaction de Wittig, influence du contre-ion.....	267
Manipulation 24. Réaction d'Horner-Wadsworth-Emmons .....	276
<b>Chapitre 8 – Composés aromatiques .....</b>	<b>283</b>
Manipulation 25. Synthèse d'un composé aromatique .....	287
Manipulation 26. Substitution électrophile aromatique .....	297
Manipulation 27. Substitution nucléophile aromatique .....	305
Manipulation 28. Réaction de Sandmeyer .....	315
<b>Chapitre 9 – Formation de cycles.....</b>	<b>325</b>
Manipulation 29. Epoxydation.....	329
Manipulation 30. Synthèse de la tétraphénylcyclopentadiénone .....	338
Manipulation 31. Réaction de Diels-Alder .....	347
<b>Chapitre 10 – Catalyse en chimie organique.....</b>	<b>353</b>
Manipulation 32. Transposition de Beckmann .....	357
Manipulation 33. Éthérification catalysée par une zéolithe .....	365
Manipulation 34. Couplage enzymatique.....	370
<b>Chapitre 11 – Organométalliques.....</b>	<b>375</b>
Manipulation 35. Synthèse et titrage d'un organomagnésien .....	379
Manipulation 36. Oxydation par le cuivre de la benzoïne en benzile .....	385
Manipulation 37. Couplage de Suzuki.....	392

<b>Chapitre 12 – Composés odorants .....</b>	<b>399</b>
Manipulation 38. Synthèse de l'acétate de benzyle .....	403
Manipulation 39. Synthèse du camphre .....	412
Manipulation 40. Synthèse de l'oct-1-èn-3-ol .....	419
<b>ANNEXES .....</b>	<b>427</b>
Annexe 1. Constantes fondamentales et unités usuelles .....	429
Annexe 2. Énergies de quelques liaisons .....	430
Annexe 3. Constantes d'acidité de quelques acides en solution aqueuse .....	431
Annexe 4. Quelques indicateurs acido-basiques usuels .....	432
Annexe 5. Constantes de stabilité des complexes en solution aqueuse .....	433
Annexe 6. Potentiels standard de quelques couples d'oxydoréduction .....	434
Annexe 7. Diagrammes potentiel-pH .....	435
Annexe 8. Diagrammes de Frost .....	437
Annexe 9. Diagramme de Tanabe-Sugano $d^6$ .....	440
Annexe 10. Tables de caractères .....	442
Annexe 11. Propriétés physico-chimiques de quelques solvants usuels .....	443
Annexe 12. Table de Spectroscopie Infrarouge (IR) .....	444
Annexe 13. Table de Spectrométrie RMN $^1\text{H}$ .....	445
Annexe 14. Table de Spectrométrie RMN $^{13}\text{C}$ .....	447
Annexe 15. Quelques révélateurs chimiques .....	448
Annexe 16. Nomographe Pression-Température .....	449
Annexe 17. Protection des mains – Compatibilité gants/solvants .....	450
Annexe 18. Principaux groupes de produits chimiques incompatibles .....	451
Annexe 19. Mentions de danger et conseils de prudence .....	452
Annexe 20. Liste des produits utilisés dans les manipulations .....	459
Classification périodique des éléments .....	474

L'ens  
tions  
Green

Orga

La pr  
manié  
cet ou

Sur la

◆ 1

t

◆ 1

1

◆ 1

t

◆ 1

c

◆ 1

La pa  
nique



# TRAVAUX PRATIQUES DE CHIMIE DE L'EXPÉRIENCE À L'INTERPRÉTATION

CLASSES PRÉPARATOIRES  
PC ET BCPST | CAPES |  
AGRÉGATION |  
IUT | BTS | LICENCE

THOMAS BARILERO | AURÉLIE DELEUZE  
MATTHIEU ÉMOND | HÉLÈNE MONIN-SOYER





# Sommaire

Introduction	9
1 Variations autour du zinc	11
1.1. Étude d'un laiton	13
1.2. Grandeurs thermodynamiques d'une pile	15
1.3. Électrozingage	16
2 Chimie pharmaceutique	25
2.1. Anticoagulant : synthèse d'une coumarine	27
2.2. Étude d'un sérum physiologique	29
2.3. Étude d'un désinfectant local : le Dakin®	30
3 La vanilline : un arôme du vin	47
3.1. Réduction de la vanilline en alcool vanillique	48
3.2. Titrage d'une solution basique de vanilline	51
3.3. Dosage spectrophotométrique de la vanille liquide	51
4 Pamplemousse	67
4.1. Titrage de la vitamine C dans un jus de pamplemousse	68
4.2. Titrage de l'acide citrique dans un jus de pamplemousse	70
4.3. Extraction des principes actifs présents dans les pépins de pamplemousse	71

5	Étude d'une eau polluée	83
5.1.	Étude d'un complexe cuivre (II)-ammoniac	85
5.2.	Titration des ions nitrate dans une eau polluée	87
6	Un sucre : le D-glucose	99
6.1.	Acétylation du D-glucose	100
6.2.	Titration du D-glucose dans un sachet d'Adiaril®	102
7	« Centilaboratoire », titration de l'ammoniac dans le Destop®	111
7.1.	Un « centilaboratoire » d'électrochimie	112
7.2.	Titration de l'ammoniac dans le Destop®	116
8	Additifs alimentaires	129
8.1.	Contrôles de qualité de produits alimentaires	131
8.2.	Synthèse d'un arôme : l'acétate d'isoamyle	135
9	Vodka	151
9.1.	Élaboration d'un alcool fort : la vodka	153
9.2.	Titration de l'acidité de la Smirnoff-Ice®	155
10	Dismutation et médimutation	165
10.1.	Dismutation de Cannizzaro	167
10.2.	Médimutation des ions iodate et iodure	169
11	Additif E210	181
11.1.	Synthèse de l'acide benzoïque	183
11.2.	Étude de la solubilité de l'acide benzoïque	185
11.3.	Titration de l'acide benzoïque en milieu non aqueux	188

12	Que d'eau, qu
12.1.	Titration des
12.2.	Réarrangen
12.3.	Titration d'u
12.4.	Étude de l'
13	Étude d'un c
13.1.	Synthèse d
13.2.	Détermina
14	Paba
14.1.	Synthèse c
14.2.	Détermin
	Matériel néces
	Tables IR et R
	Calculs d'ince
	Mentions de d
	Index

83	12 Que d'eau, que d'eau !	203
85	12.1. Titrage des ions hypochlorite d'une eau de Javel	205
87	12.2. Réarrangement d'Hofmann	206
99	12.3. Titrage d'une eau oxygénée	207
100	12.4. Étude de l'enthalpie standard de décomposition de $H_2O_2$	208
102	13 Étude d'un dérivé de l'aldéhyde salicylique	219
111	13.1. Synthèse d'une imine aromatique	220
112	13.2. Détermination des $pK_A$ du $\beta$ -résorcyaldéhyde	222
116	14 Paba	233
129	14.1. Synthèse de la benzocaïne à partir du Paba	234
131	14.2. Détermination de la concentration de Paba dans un comprimé	236
135	Matériel nécessaire et montages utilisés	245
151	Tables IR et RMN	247
153	Calculs d'incertitudes	249
155	Mentions de danger (H), conseils de prudence (P) et pictogrammes	253
165	Index	259
167		
169		
181		
183		
185		
188		

CAPES / Agrégation • Classes préparatoires

400 manipulations  
commentées de  
**CHIMIE ORGANIQUE**

volume **1**

Jean-Pierre BAYLE



# Sommaire

Les abréviations.

## I- Le minimum vital avant de démarrer un TP

I-1. Les règles de sécurité en TP de chimie organique.		3
I-1-1. L'évidence comportementale dans un laboratoire		3
I-1-2. Le bon sens au service de la sécurité		3
I-1-3. Les connaissances chimiques au service de la sécurité		7
I-1-4. Les déchets chimiques		14
I-1-5. La destruction des composés dangereux		15
I-1-6. Exemples de destruction de composés dangereux		16
I-1-7. Les mélanges incompatibles		22
I-1-8. Caractéristiques et dangerosité des produits utilisés		23
I-2. L'appareillage et les techniques utilisés.		28
I-2-1. Les solvants		28
I-2-2. Obtenir un solvant sec		29
I-2-3. Refroidir le mélange réactionnel : le bain réfrigérant		30
I-2-4. Chauffer le mélange réactionnel : le montage à reflux		30
I-2-5. Eliminer de l'eau : le dean-stark		32
I-2-6. Additionner un réactif pendant le chauffage		34
I-2-7. Neutraliser un gaz toxique produit lors de la réaction		34
I-2-8. Extraction, lavage du produit brut		35
I-2-9. Séchage d'une phase organique		38
I-2-10. Obtention du produit brut : évaporation du solvant		40
I-2-11. Séparation des produits de réaction et purification		41
I-3. Les méthodes spectroscopiques.		48
I-3-1. Introduction à la spectroscopie dans l'infrarouge		48
I-3-2. Introduction à la Résonance Magnétique Nucléaire $^1\text{H}$		51
I-3-3. Introduction à la spectroscopie UV-visible		57
I-4. Les différentes réactions chimiques en solution.		61
I-4-1. Les réactions acide-base		61
I-4-2. Les réactions redox		69
I-4-3. Les réactions de complexation et précipitation		71
I-4-4. L'effet des électrolytes sur les équilibres ioniques		73
I-5. Les méthodes de titrages.		76
I-5-1. Précautions à respecter lors d'un dosage		76
I-5-2. Différents types de dosage		76
I-5-3. Les indicateurs de fin de réaction		77
I-5-4. Les étalons primaires		86
I-5-5. Les acides et les bases concentrés		88
I-5-6. Les calculs d'erreur		89
I-6. Les réactions de la chimie organique.		92
I-6-1. Les bases de Lewis		92
I-6-2. Les acides de Lewis		93
I-6-3. Les différents types de réactions en chimie organique		93
I-6-4. L'aspect cinétique des réactions chimiques		94
I-7. Les tests caractéristiques des fonctions.		100
I-7-1. Les acides carboxyliques		100
I-7-2. Les alcènes et alcynes		101
I-7-3. Les alcools		102
I-7-4. Les aldéhydes et cétones		104
I-7-5. Les amides		110
I-7-6. Les amines		111
I-7-7. Les aromatiques		114
I-7-8. Les chlorures, bromures et iodures		114
I-7-9. Les éthers		115
I-7-10. Les méthylcétones		115
I-7-11. Les nitroalcanes		115
I-7-12. Les phénols et énols		116



## II- Les acides et les bases de Lewis et de Brönsted

1	- Propriétés acide-base de <b>Brönsted</b> et coefficient de partage.	121
2	- Solubilité et recristallisation de l'acide benzoïque.	128
3	- Mesure de <b>pK<sub>a</sub></b> par conductimétrie, pH-métrie et spectrophotométrie.	136
4	- Le mélange acide-base conjuguée.	144
5	- Synthèse et étude spectrophotométrique de la phénolphthaléine.	150
6	- Synthèse et étude spectrophotométrique de l'hélianthine.	157
7	- Propriétés acide-base et complexante d'un acide aminé.	165
8	- Propriétés acide-base de <b>Brönsted</b> et de <b>Lewis</b> .	173
9	- Préparation et réactivité d'un carbocation stable, le cation flavylum.	181
10	- Préparation et réactivité d'un carbanion, l'anion <i>aci</i> -nitrométhane.	190
11	- Le mélange acide carboxylique-amine.	198
12	- Les réactions sans solvant, attaque nucléophile.	206
13	- Les réactions sans solvant, attaque électrophile.	215
14	- La catalyse par transfert de phase.	224

## III- Les réactions redox

15	- Synthèse et étude d'un indicateur redox, la ferroïne.	235
16	- Synthèse et étude d'un indicateur redox, le 2,6-dichloroindophénol.	242
17	- Synthèse et étude d'un analogue du bleu de méthylène.	249
18	- Oxydation des aldéhydes et des cétones.	257
19	- Réduction sélective des aldéhydes et cétones conjugués.	266
20	- Différentes réductions du groupement nitro.	276
21	- Les réactions de dismutation en chimie organique.	284
22	- Le magnésium, réducteur sélectif en chimie organique.	294
23	- L'ion iodure, un réducteur doux.	301
24	- Les différents <b>n.o.</b> de l'iode, application à l'iodation de la vanilline.	310
25	- Le diiode, propriétés redox et électrophile.	318

## IV- La cinétique

26	- <b>SN<sub>1</sub></b> et effet d'ion commun.	329
27	- <b>SN<sub>1</sub></b> : influences du solvant, du groupe partant et du substrat.	335
28	- Etude cinétique des réactions d'estérification et de transestérification.	340
29	- Etude cinétique de la réaction de saponification.	349
30	- Synthèse et cinétique de saponification de l'aspirine.	358
31	- Oxydation des alcools par le chrome ( <b>VI</b> ).	366
32	- Synthèse de la cyclohexanone, cinétique d'iodation en $\alpha$ d'un carbonyle.	374
33	- Etude spectrophotométrique de la décoloration de l'hélianthine.	381

## V- Les réactifs courants

34	- Dosage et réactivité du borohydrure de sodium.	389
35	- L'hydroxylamine, propriétés et utilisation.	397
36	- L'oxime, un intermédiaire vers certaines fonctions azotées.	403

37	- La thiamine, synthèse du benzile.	410
38	- Les éthers-couronnes, propriétés chimiques.	418
39	- L'eau de <b>Javel</b> , dosage et propriétés oxydantes.	427
40	- L'acide sulfamique, dosage et utilisation.	436
41	- Le perborate de sodium, dosage et propriétés oxydantes.	444
42	- Le diiode, un catalyseur électrophile.	452
43	- Le <i>N</i> -bromosuccinimide, dosage et propriétés chimiques.	462
44	- Le perbromure de tétra- <i>n</i> -butylammonium, dosage et réactivité.	470
45	- L'amberlyste-15 : étude d'une résine acide.	479
46	- Le nitrate d'ammonium et de cérium, caractère oxydant.	487
47	- L'acide de <b>Meldrum</b> , synthèse et propriétés.	494
48	- Le formaldéhyde, dosage et utilisation.	502
49	- L'hydrazine, dosage et réactivité en chimie organique.	511
50	- Le dodécyle sulfate de sodium, synthèse, <b>cmc</b> et utilisation.	520
51	- L'acétoacétate d'éthyle, réactivité.	527
52	- Le nitrate d'argent, propriétés chimiques et utilisation.	539
53	- Le dithionite de sodium, dosage et caractère réducteur.	547
54	- Le <i>t</i> -butylate de potassium, dosage et utilisation.	555
55	- L'eau oxygénée, dosage et utilisation.	564
56	- Le nitrite de sodium, dosage et utilisation.	572
57	- Le dichloroiodate de tétraméthylammonium, synthèse et utilisation.	579
58	- Le chloroformate de méthyle, cinétique d'hydrolyse et réactivité.	587
59	- La 4-diméthylaminopyridine, un catalyseur nucléophile.	595
60	- Les réactifs sur support, préparation et avantages.	604

## VI- Les tables

VI-1.	Electronégativité des atomes et de quelques groupements.	613
VI-2.	Pressions d'ébullition de quelques solvants à 40°C.	614
VI-3.	Gamme des déplacements chimiques <sup>1</sup> H des différentes fonctions.	615
VI-4.	Déplacements chimiques <sup>1</sup> H de quelques molécules.	616
VI-5.	Constantes de couplage <b>H-H</b> .	617
VI-6.	Tables d'incréments <b>RMN</b> .	618
VI-7.	Vibrations d'élongation <b>IR</b> .	620
VI-8.	Energies moyennes de dissociation de liaisons.	622

## VII- Les index

VII-1.	Les mot-clefs.	625
VII-2.	Les réactifs, substrats et produits.	636
VII-3.	Les tables.	646
	Le tableau périodique réduit.	

CAPES / Agrégation • Classes préparatoires

**400 manipulations  
commentées de  
CHIMIE ORGANIQUE**

**volume 2**

---

*de l'Expérience au Concept*

Jean-Pierre BAYLE



## Sommaire

### VIII- Les réactions classiques

<b>61</b>	- Addition nucléophile d'un magnésien sur un nitrile.	3
<b>62</b>	- Addition nucléophile d'un magnésien sur un ester : le vert malachite.	10
<b>63</b>	- Addition nucléophile d'un magnésien sur un imidazole d'acyle.	19
<b>64</b>	- Epoxydation de l' $\alpha$ -méthylstyrène.	29
<b>65</b>	- Epoxydation du ( <i>E</i> )-stilbène.	42
<b>66</b>	- Estérification avec un dérivé d'acide.	52
<b>67</b>	- Estérification, déplacements d'équilibre.	62
<b>68</b>	- Saponification des esters.	71
<b>69</b>	- Synthèse d'halogénoalcanes.	79
<b>70</b>	- La réaction de <b>Maillard</b> .	87
<b>71</b>	- La fonction nitrile, synthèse et propriétés électrophiles.	97
<b>72</b>	- La réaction de <b>Ritter</b> , propriétés nucléophiles de la fonction nitrile.	108
<b>73</b>	- Halogénéation de la vanilline.	118
<b>74</b>	- L'acide malonique et ses dérivés.	127
<b>75</b>	- Acylation de <b>Friedel et Crafts</b> .	139
<b>76</b>	- Alkylation de <b>Friedel et Crafts</b> .	149
<b>77</b>	- La réaction de <b>Gabriel</b> , synthèse des amines primaires.	159
<b>78</b>	- Protection de groupements fonctionnels.	167
<b>79</b>	- La transposition de <b>Beckmann</b> , synthèse du nylon-6.	179
<b>80</b>	- La réaction de <b>Diels-Alder</b> .	190
<b>81</b>	- La réaction de <b>Diels-Alder</b> 1,3-dipolaire, régiosélectivité	199
<b>82</b>	- Stéréochimie de la réaction de <b>Diels-Alder</b> .	209
<b>83</b>	- La réaction de <b>Sandmeyer</b> .	218
<b>84</b>	- La réaction de <b>Pechmann</b> , synthèse de coumarines.	227
<b>85</b>	- La réaction de <b>Reimer-Tiemann</b> .	237
<b>86</b>	- La réaction de <b>Wittig</b> .	247
<b>87</b>	- Synthèse de <b>Fischer</b> des indoles.	256
<b>88</b>	- La réaction de <b>Hantzsch</b> , synthèse des pyridines.	267
<b>89</b>	- Synthèse d'une silice greffée, réaction de <b>Dakin-West</b> .	276
<b>90</b>	- La réaction de <b>Knoevenagel</b> , dosage de la vanilline.	286

### IX- Les synthèses en plusieurs étapes

<b>91</b>	- Synthèse d'un cristal liquide.	297
<b>92</b>	- Synthèse et dosage de la benzocaïne.	305

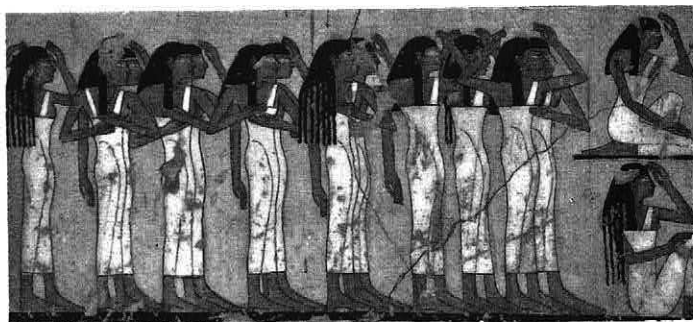
<b>93</b>	- Synthèse d'un arôme artificiel.	314
<b>94</b>	- Synthèse et propriétés chimiques des chalcones.	322
<b>95</b>	- Bromation d'un alcène, déshydrobromation d'un bromoalcane.	332
<b>96</b>	- Synthèse et polymérisation du styrène.	342
<b>97</b>	- Synthèse de la 4-nitroaniline et dosage des nitrites.	350
<b>98</b>	- Synthèse de la vanilline.	358
<b>99</b>	- Synthèse de la phénacétine et dosage spectrophotométrique.	366
<b>100</b>	- Synthèse du ( <i>E</i> )-stilbène.	375
<b>101</b>	- Synthèse et réactivité de la dulcine.	385
<b>102</b>	- Synthèse et dosage du propacétamol.	395
<b>103</b>	- Propriétés chimiques de l'acide barbiturique.	404
<b>104</b>	- Synthèse d'un précurseur de la fluoxétine et dosage par extraction.	413
<b>105</b>	- Synthèse et dosage de la lidocaïne.	424
<b>106</b>	- Synthèse d'un anticoagulant, le dicoumarole.	434
<b>107</b>	- Synthèse de $\beta$ -cétoesters.	446
<b>108</b>	- Synthèse de l'acide 4-formylbenzoïque.	458
<b>109</b>	- Synthèse d'un macrocycle, propriétés complexantes.	467
<b>110</b>	- Synthèse et dosage d'un laxatif, le bisacodyle.	478
<b>111</b>	- Synthèse et oxydation de la pulégone.	488
<b>112</b>	- Synthèse et dosage de la 6-nitrosaccharine.	501
<b>113</b>	- Synthèse de colorants et teinture.	512
<b>114</b>	- Synthèse et dosage de l'anéthole.	523
<b>115</b>	- Synthèse du safrole.	534
<b>116</b>	- Synthèse de l'indan-1-one.	545
<b>117</b>	- Synthèse et dosage du chlorhydrate de bupropion.	557
<b>118</b>	- Synthèse de la zingérone et du zingérol.	566
<b>119</b>	- Synthèse d'une flavone.	575
<b>120</b>	- Polymérisation radicalaire.	584
<b>121</b>	- Polycondensation.	591
<b>122</b>	- L'alcool polyvinylique.	600

## X- Les index

X-1. Les mots-clefs.	609
X-2. Les réactifs, substrats et produits.	619
X-3. Les spectres RMN.	632



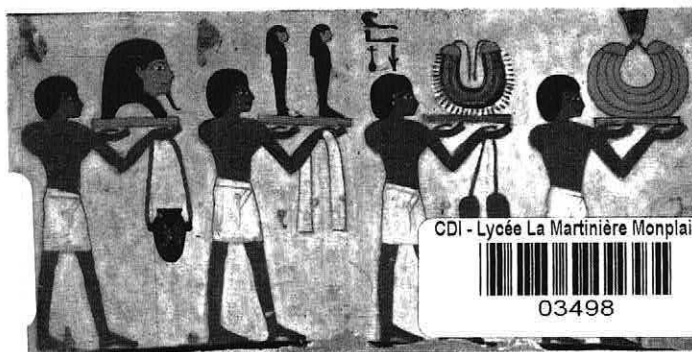
Christophe BUREAU  
Mireille DEFRANCESCHI



CDI

# DES TEINTURES ÉGYPTIENNES AUX MICRO-ONDES

## 100 manipulations de chimie



CDI - Lycée La Martinière Monplaisir



03498



## TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	3
INTRODUCTION	5
CHAPITRE I. DES COLORANTS NATURELS À LA CONSERVATION : LA CHIMIE AU SERVICE DES ŒUVRES D'ART	7
1. Les secrets des huiles à tableaux : dosage quantitatif d'acides gras par chromatographie en phase vapeur	8
I.1. Méthylation des acides gras : première version	12
I.2. Méthylation des acides gras : deuxième version. Utilisation du triméthylsilyldiazométhane, un dérivé stable du diazométhane	15
2. Liant à la gélatine, peinture a tempera ou restauration à la caséine ? Six acides aminés font la différence	18
I.3. Estérification et trifluoroacétylation des acides aminés : détection du nanogramme et du picogramme d'acides aminés	19
I.4. Dérivatisation multiple des acides aminés en une seule étape : réaction avec le Bis(triméthylSilyl)TriFluoroAcétamide (BSTFA)	22
3. Synthèses de substances colorantes et procédés de teinture	25
I.5. Synthèse de l'indigo	26
I.6. Teinture « à la cuve » du coton par l'indigo	29
I.7. Synthèse d'un colorant du type des mérocyanines : le 1-méthyl-4-[(4'-oxocyclohexa-2',5'-diénylidène)-éthylidène]-1,4-dihydropyridine (MOED)	30
I.8. Synthèse d'un colorant azoïque « à mordant » : le 1-(2-PyridylAzo)-2-Naphtol (PAN)	33
4. Colorants de synthèse et métachromasie : un colorant a-t-il une couleur déterminée ?	35
I.9. Polarité du milieu et changements de teinte : propriétés métachromatiques du MOED	36
I.10. Complexation d'ions métalliques, changements de teinte et nettoyage des tapisseries anciennes : le principe des colorants « à mordants »	38

CHAP  
N

1. I

A

I

E

E

I

I

I

E

I

E

I

I

I

I

2. C

I

I

I

I

I

CHAP

A

1. I

A

I

I

E

I

I

C

I

2. I

I

I

3. I

A

I

E

I

	CHAPITRE II. DE LA POMME DE TERRE AUX SUCRES ARTIFICIELS : LA CHIMIE DE NOTRE ALIMENTATION	41
	1. Les constituants chimiques de la matière vivante	41
	A. Les constituants minéraux de la matière vivante	41
	II.1. Les constituants minéraux d'une feuille de salade	42
	B. Les constituants organiques de la matière vivante	43
	B.1. Les protides	43
	II.2. Identification d'un acide aminé	44
	II.3. Séparation et identification des amino-acides de l'aspartame	45
	II.4. Les réactions de coloration des protéides	47
	B.2. Les lipides	48
	II.5. Analyse d'une huile de table	49
	B.3. Les glucides	52
	II.6. Caractère réducteur de quelques sucres	52
	II.7. La fermentation alcoolique	53
3	II.8. Mise en évidence et propriétés de l'amidon de la pomme de terre	54
5	2. Composition chimique de quelques aliments	55
	II.9. Mise en évidence et dosage des ions iodure d'un sel de table	56
	II.10. Étude d'une eau potable	58
7	II.11. Étude de la composition d'un lait	59
	II.12. Analyse qualitative de la farine et du pain	64
8	II.13. Synthèse d'un dérivé de sucre artificiel, la 6-nitro-saccharine	65
12		
	CHAPITRE III. DE L'EAU DE JAVEL AUX PLAQUES PHOTOGRAPHIQUES : LA CHIMIE AU QUOTIDIEN	67
15		
	1. L'asepsie domestique	68
18	A. Les lessives	68
	III.1. Microémulsions et agents lavants tensioactifs des lessives	68
19	III.2. Mise en évidence des phosphates dans les détergents	70
	B. Désinfection au « chlore »	71
22	III.3. Pouvoir antibactérien et décolorant du dichlore	71
25	III.4. Préparation et dosage d'une solution d'eau de Javel	71
26	C. Taches de rouille	73
29	III.5. L'action d'un « bouffrouille »	73
30	2. L'énergie	73
	III.6. Étude électrochimique et thermodynamique d'une pile	73
33	III.7. Principe d'un accumulateur au plomb	75
	3. Les loisirs	76
35	A. La photographie	76
	III.8. Oxydo-réduction et photographie	76
36	B. La « magie »	80
	III.9. Quelques réactions chimiques dans les encres sympathiques	80
38		

C. La pyrotechnie	82
■ III.10. Les feux de bengale	82
4. L'habillement	83
5. La chimie est partout !	83
A. L'alcootest	83
■ III.11. Principe d'un alcootest	83
B. Les chercheurs d'or	84
■ III.12. La chimie à El Dorado	84
CHAPITRE IV. DES ENGRAIS À LA POLLUTION : LA CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT	85
1. Les besoins nutritifs des plantes	85
A. Les constituants chimiques des végétaux et la synthèse chlorophyllienne	85
■ IV.1. Mise en évidence des échanges chlorophylliens	85
B. L'analyse des sols	86
■ IV.2. Détermination du pH d'un sol	87
■ IV.3. Dosage des ions échangeables d'un sol	88
■ IV.4. Dosage des nitrates dans les sols	90
■ IV.5. Dosage de l'azote organique d'une terre	91
■ IV.6. Dosage du fer libre dans les sols	93
C. Les engrais	94
■ IV.7. Mise en évidence des nitrates : anneau de Richmond	95
2. La pollution : c'est la dose qui fait le poison	95
A. Toxicité des nitrates et nitrites	96
■ IV.8. Mise en évidence des nitrites	97
■ IV.9. Dosage de la teneur en nitrites d'un morceau de charcuterie	98
■ IV.10. Mise en évidence des nitrates dans les légumes à feuilles	99
B. Toxicité des phosphates	99
■ IV.11. Mise en évidence des phosphates dans les engrais	100
C. Toxicité des métaux lourds	101
■ IV.12. Synthèse de l'oxyde jaune de mercure (II) et dosage des ions mercuriques à l'EDTA	101
■ IV.13. Dosage du plomb dans les additifs anti-détonants de l'essence	103
D. La pollution biologique des eaux	105
■ IV.14. Dosage du dioxygène dissous dans une eau	105
CHAPITRE V. DE LA RESPIRATION AUX ANTIBIOTIQUES : LE MIRACLE DES RÉACTIONS DU MILIEU BIOLOGIQUE	107
1. Hémoglobine, myoglobine, la finesse de l'organisation géométrique en milieu biologique	108
■ V.1. Oxydo-réduction et transport de l'oxygène : méthémoglobine, désoxyhé-moglobine et oxyhé-moglobine	110

82	■ V.2. Modification de géométrie au voisinage de l'ion central sur la myoglobine de cachalot : la cinétique de réduction change...	113
82		
83	2. Réactions bio-mimétiques, chimie « bio-assistée » : tirer partie de l'organisation géométrique	118
83	■ V.3. Synthèse biomimétique de la tropinone, squelette de base de composés hallucinogènes : réaction de Mannich	118
83	■ V.4. Chimie « bio-assistée » : époxydation du styrène par l'hémoglobine	123
84	3. Production d'énergie sous activité musculaire intense : la fermentation lactique	128
84	■ V.5. Une étape de la néoglucogénèse du foie : oxydation stéréospécifique de l'acide lactique en acide pyruvique	129
85	■ V.6. Un exemple de synthèse enzymatique : le L-acide lactique	132
85	4. Maîtriser les réactions biologiques à l'échelle moléculaire ? Médicaments ?	134
85	■ V.7. Synthèse d'une ampicilline, pénicilline à large champ d'action : l'acide 6-[(R)-(-)-2-phénylglycylamino] pénicillanique	135
85		
86	■ V.8. Préparer des polysaccharides solubles en milieu apolaire	137
87		
88	CHAPITRE VI. DU DENTIFRICE AUX DÉMAQUILLANTS : LA CHIMIE DES PRODUITS	
90	COSMÉTIQUES	141
91	1. La cosmétologie d'hygiène	142
93	■ VI.1. Préparation d'un agent tensio-actif d'un shampooing	142
94	■ VI.2. Principe d'action d'un shampooing	144
95	2. La cosmétologie de prévention	146
95	■ VI.3. Principe d'action d'une crème hydratante	146
96	3. La cosmétologie de parure	147
97	■ VI.4. Synthèse de l'oxyde de rose : ([2-(2-méthyl-1-propényl)-4-méthyl-tétrahydropyranne])	147
98		
99	■ VI.5. Acide borique et démaquillants pour les yeux	149
99	■ VI.6. Acétone et dissolvant de vernis à ongles	151
100		
101	CHAPITRE VII. SÉLECTIVITÉ, SPÉCIFICITÉ, OU « COMMENT JOUER DU VIOLON AVEC DES GANTS DE BOXE ?... »	153
101	■ VII.1. Synthèse stéréosélective d'un auxiliaire chiral : le (-)-(S)-10,10'-dihydroxy-9,9'-biphénanthryl	154
103		
105	■ VII.2. Réduction stéréosélective d'un carbonyle prochiral au moyen d'un hydrure d'aluminium encombré	156
105		
	■ VII.3. Époxydation stéréosélective du géraniol	159
	■ VII.4. Réduction stéréosélective de la benzoïne, détermination de la stéréochimie par RMN 1H	162
107		
	■ VII.5. Stéréochimie des hétéroatomes : substitution nucléophile stéréosélective sur un atome de soufre	166
108		
	■ VII.6. Synthèse d'oléfines : réaction de Wittig en milieu aqueux	169
110	■ VII.7. Réactions régiosélectives et formation de cycles : réaction de Diels et Alder	171



	VII.8. Les nitriles sont des synthons pour les amines primaires : réduction de l'o-tolunitrile par le complexe borane/diméthylsulfure	176
	VII.9. Les argiles en tant que catalyseurs de réactions : un coup de pouce à l'évolution ?	178
14202	VII.10. Argiles modifiées : couplage oxydant du thiophénol sur support solide	180
17474	VII.11. Préparation de la N-nitroso-N-triméthylsilylméthyl-urée : un précurseur pour la synthèse du triméthylsilyl-diazométhane	183
	VII.12. Synthèse du triméthylsilyldiazométhane : un dérivé stable du diazométhane	184
	VII.13. Préparation d'un catalyseur de réaction : l'oxyde de baryum C-200	187
	VII.14. Réaction de Claisen-Schmidt catalysée par l'oxyde de baryum : synthèse rapide de styril-cétones.	187
	CHAPITRE VIII. MICRO-ONDES, ULTRA-SONS : VERS LA CHIMIE DU XXIÈME SIÈCLE...	191
	VIII.1. Fours micro-ondes : conditions d'emploi, règles de sécurité, séchage de verrerie	193
	VIII.2. Synthèse micro-ondes de l'antraquinone	194
	VIII.3. Alkylation de l'acétate de potassium sous micro-ondes	196
	VIII.4. Hydrolyse d'échantillons sous champ micro-ondes : des procédures opératoires simplifiées pour l'analyse des oeuvres d'art	198
	VIII.5. Un cas d'école qui renaît : réaction de Cannizzaro version ultra-sons	199
	VIII.6. Réaction de Wittig-Horner sous ultrasons : synthèse de trans-acrylates	201

LYCÉE LA SERRAVALLE  
41, Fd de l'Industrie  
63031 - LEZARDRIEU  
Tél. 04 78 78 81 00



Aubin Imprimeur  
LIGUGÉ, POITIERS

IMPRESSION - FINITION  
Achévé d'imprimer en juillet 1996  
N° d'impression L 51886  
Dépôt légal juillet 1996 / Imprimé en France

PRÉPAS SCIENTIFIQUES

Erwan Beauvineau • Jeanne-Laure Dormieux  
Christophe Honnorat • Émilie Ramel

# Chimie

TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

CPGE scientifiques et Concours

Travaux pratiques



**Fiches méthode et conseils**  
pour acquérir les bons réflexes



**11 sujets de TP guidés**  
avec les questions possibles  
du jury



**29 fiches techniques et  
démarches expérimentales**  
accompagnées de + de 250 photos  
et schémas explicatifs



**20 VIDÉOS**  
de TP pas à pas

CDI - Lycée La Martinière Monplaisir



08978

Vuibert

- Fiche 21** Réaliser une chromatographie sur couche mince (CCM), 109
- Fiche 22** Mesurer un indice de réfraction, 113
- Fiche 23** Utiliser un banc Kofler, 117
- Fiche 24** Réaliser une chromatographie (CPG, HPLC), 121
- Fiche 25** Exploiter un chromatogramme, 125
- Fiche 26** Réaliser un spectre infrarouge (IR), 127
- Fiche 27** Calculer un rendement, 131
- Fiche 28** Élaborer un protocole en analyse, 133
- Fiche 29** Élaborer un protocole en synthèse, 137

### **Partie 3. Travaux pratiques guidés ..... 141**

- TP 1** Étalonnage d'une solution d'hydroxyde de sodium, 146
- TP 2** Titrage pH-métrique et conductimétrique d'un produit ménager détartrant (Harpic®), 152
- TP 3** Titrage potentiométrique de l'oxone, 159
- TP 4** Titrage indirect du paracétamol contenu dans un comprimé de Doliprane®, 166
- TP 5** Titrage en retour de l'aluminium d'un papier aluminium ménager, 173
- TP 6** Dosage du diiode dans la Bétadine®, 181

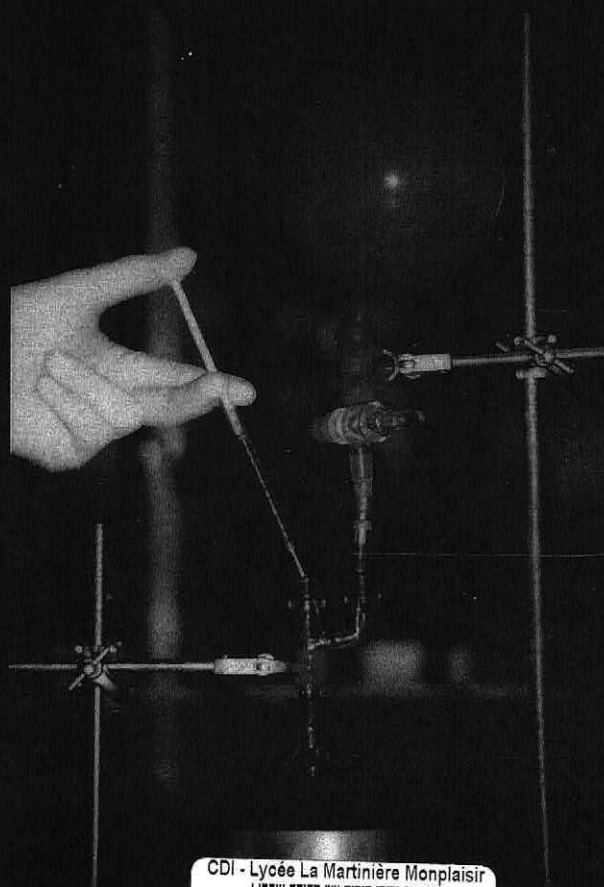
## SOMMAIRE

- TP 7** Dosage de la vanilline dans un sachet de sucre vanillé -  
Méthode des ajouts dosés, 188
- TP 8** Synthèse de l'arôme de fraise, 198
- TP 9** Synthèse de l'acide cinnamique, 205
- TP 10** Synthèse  
sans solvant - Synthèse d'une chalcone, 211
- TP 11** Dosage du paracétamol contenu dans un comprimé de  
Doliprane® par HPLC, 219

# LA MICROCHIMIE

TECHNIQUES ET EXPÉRIENCES

• Nicolas CHEYMOL •  
• Michaël HOFF •



CDI - Lycée La Martinière Monplaisir  
03495

De Boeck  Université



# Table des matières

---

Avant-propos.....	11
-------------------	----

## PREMIÈRE PARTIE LA MICROCHIMIE : PRÉSENTATION GÉNÉRALE

### CHAPITRE 1

Une définition de la microchimie.....	15
---------------------------------------	----

### CHAPITRE 2

Pourquoi la microchimie au laboratoire.....	17
---	----

1. Au niveau de l'environnement.....	17
2. La sécurité dans le laboratoire.....	18
3. Gestion du laboratoire.....	19
4. Dans l'enseignement.....	19
5. Dans l'industrie.....	20

### CHAPITRE 3

Comment réaliser une expérience de microchimie.....	21
---	----

1. Présentation du matériel de microchimie.....	21
2. Conversion d'une manipulation de l'échelle du gramme à l'échelle de la dizaine à la centaine de milligrammes.....	28

### CHAPITRE 4

Que contient la littérature.....	31
----------------------------------	----

1. Chimie générale et inorganique.....	31
2. Chimie organique.....	31
3. Les revues.....	32

---

DEUXIÈME PARTIE  
LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE LA MICROCHIMIE

<b>CHAPITRE 1</b>	
<b>Les techniques de séparation</b> .....	35
1. La filtration.....	35
2. Décantation et extraction.....	37
3. Évaporation des solvants.....	38
 <b>CHAPITRE 2</b>	
<b>Les techniques de purification</b> .....	41
1. Recristallisation.....	41
2. Chromatographie.....	42
3. Distillation.....	42
 <b>CHAPITRE 3</b>	
<b>Les techniques de séchage</b> .....	43
1. Séchage des solvants de réaction.....	43
2. Séchage de la phase organique.....	44
 <b>CHAPITRE 4</b>	
<b>Les techniques réactionnelles</b> .....	45
1. Les techniques de chauffage à reflux.....	45
2. Addition de réactifs dans le milieu en cours de réaction.....	46
3. Travail en conditions spécifiques.....	47

TROISIÈME PARTIE  
CHIMIE GÉNÉRALE

<b>CHAPITRE 1</b>	
<b>Détermination d'une température d'ébullition</b> .....	51
 <b>CHAPITRE 2</b>	
<b>Détermination de la masse volumique d'un liquide</b> .....	57
 <b>CHAPITRE 3</b>	
<b>Dosages volumétriques</b> .....	63
1. Dosage acido-basique de l'acide acétique présent dans le vinaigre.....	63

2. Dosage des ions chlorure par précipitation.....	68
3. Dosage du dioxygène dissous dans l'eau.....	72
<b>CHAPITRE 4</b>	
<b>Analyse par spectrophotométrie UV-visible</b> .....	77
1. Détermination de la stœchiométrie d'un complexe par la méthode de Job.....	77
2. Détermination de la constante d'acidité du bleu de bromothymol .....	83
<b>CHAPITRE 5</b>	
<b>Étude d'une cinétique chimique</b> .....	89
Étude cinétique d'une réaction d'élimination E2 : influence du solvant et de l'halogénure d'alkyle sur le rendement en alcène .....	89
<b>CHAPITRE 6</b>	
<b>Électrolyse</b> .....	103
Synthèse de l'iodoforme par électrolyse .....	103
 <b>QUATRIÈME PARTIE</b> <b>TECHNIQUES DE SÉPARATION</b> <b>DES CONSTITUANTS D'UN MÉLANGE</b>  	
<b>CHAPITRE 1</b>	
<b>Distillation</b> .....	111
Distillation fractionnée en microchimie : efficacité de la séparation .....	111
<b>CHAPITRE 2</b>	
<b>Recristallisation</b> .....	119
Tube de Craig et recristallisation.....	119
<b>CHAPITRE 3</b>	
<b>Chromatographies</b> .....	125
1. Synthèse du paracétamol et analyse d'un médicament par chromatographie sur couche mince .....	125
2. Extraction d'un produit naturel : séparation par chromatographie sur colonne .....	131
3. Séparation des ions : chromatographie sur résine échangeuse d'ions.....	137
<b>CHAPITRE 4</b>	
<b>Techniques couplées</b> .....	143
Techniques de séparation et de purification d'un mélange en chimie organique .....	143

CINQUIÈME PARTIE  
LES GRANDES MÉTHODES DE SYNTHÈSE

CHAPITRE 1

Synthèse inorganique ..... 153

- 1. Étude de quelques transformations chimiques du cuivre métallique ..... 153
- 2. Synthèse du tri-(acétylacétonato)fer(III) ..... 158
- 3. Solvatochromie d'un complexe du cuivre II ..... 163

CHAPITRE 2

Synthèse organique ..... 169

- 1. Premier thème : Oxydations et réductions ..... 169
  - 1.1 Réductions chimiosélectives ..... 169
  - 1.2 Réaction de Cannizzaro ..... 173
- 2. Deuxième thème : Protection de fonctions ..... 178
  - 2.1 Fabrication d'un micro-Dean-Stark et utilisation en synthèse organique : protection d'un groupe carbonyle sous forme de cétal ..... 178
  - 2.2 Application à des composés polyfonctionnels naturels : les monosaccharides ..... 184
  - 2.3 Réaction d'estérification : déplacement de l'équilibre par distillation de l'ester ..... 188
  - 2.4 Synthèse de l'aspirine ..... 193
- 3. Troisième thème : Création de liaisons carbone-carbone ..... 199
  - 3.1 Réaction de Knoevenagel ..... 199
  - 3.2 Réaction de Wittig ..... 202
  - 3.3 Synthèse d'un hétérocycle par une réaction de cycloaddition 1-3 dipolaire ..... 207
  - 3.4 Synthèse, dosage et réaction d'un organomagnésien mixte ..... 212
  - 3.5 Addition 1-4 sur un composé carbonyle  $\alpha,\beta$ -éthylénique : utilisation d'un organocuprate ..... 222
  - 3.6 Réaction de Heck : synthèse du trans-stilbène ..... 232

Index ..... 239



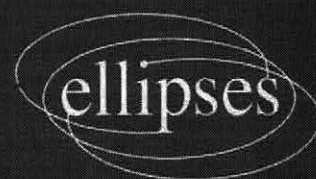
CAPES / Agrégation • Classes préparatoires

100 dosages  
commentés de  
**CHIMIE ORGANIQUE**

---

*de l'Expérience au Concept*

Jean-Pierre BAYLE





## Sommaire

### XI- Les dosages

123	- Dosage du glucose et réactivité.	3
124	- Dosage de la vanilline.	13
125	- Dosage de l'acide citrique.	26
126	- Dosage du phénol.	33
127	- Détermination du volume équivalent.	42
128	- Dosage du glycérol.	49
129	- Dosage de faibles quantités de vitamine C.	59
130	- Dosage du paracétamol.	67
131	- Dosage de l'acide borique.	76
132	- Dosage et pouvoir oxydant de la bétadine.	83
133	- Dosage d'un comprimé de vitamine C tamponnée.	91
134	- Dosage d'un comprimé d'ibuprofène.	100
135	- Dosage et utilisation de l'éosine Y.	109
136	- Etude d'une huile d'olive, influence de l'oxydation.	119
137	- Etude d'un beurre demi-sel.	128
138	- Etude d'un vin blanc.	138
139	- Dosage d'un mélange, utilisation de la dérivée du spectre UV-vis.	147
140	- Stoechiométrie d'un complexe par spectrophotométrie.	159
141	- Dosage de l'aspirine.	167
142	- Dosage du et par le curcumin.	176
143	- Dosage de et par l'EDTA.	188
144	- Dosage de la caféine.	197
145	- Dosage de l'acétylacétone.	208
146	- Dosage de l'acide 4-aminobenzoïque.	221
147	- Dosage de l'acide oxalique.	232

### XII- Les tables

XII-1. Les constantes de dissociation des complexes.	245
XII-2. Les indicateurs complexométriques.	250

### XIII- Les index

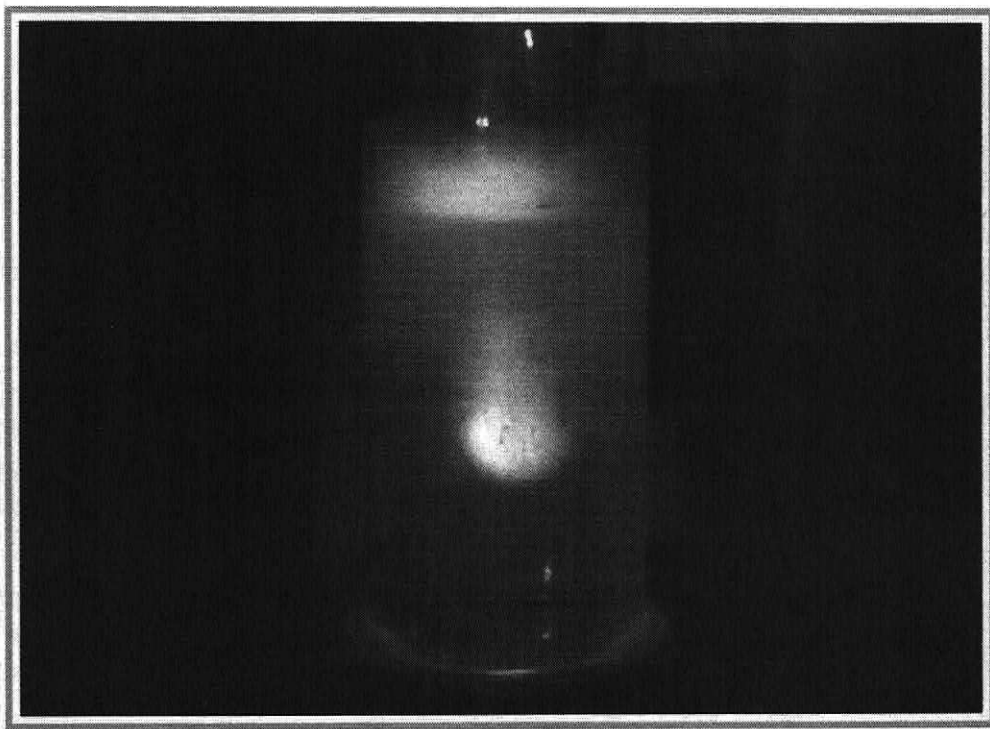
XIII-1. Les mot-clefs.	255
XIII-2. Les réactifs et substrats.	260
XIII-3. Les spectres RMN.	265

H. W. ROESKY · K. MÖCKEL

---

# CHEMICAL CURIOSITIES

WITH A FOREWORD BY ROALD HOFFMANN



SPECTACULAR EXPERIMENTS  
AND INSPIRED QUOTES



## Contents

1 Pictures that Paint Themselves . . . . .	1
2 A Golden Rain of Lead Iodide Crystals . . . . .	5
3 Fractal Structures Made of Silver . . . . .	7
4 A Lead Tree. . . . .	10
5 A Silver Mirror . . . . .	13
6 A Copper Mirror . . . . .	15
7 A Mercury Mirror . . . . .	18
8 Pharaoh's Snake . . . . .	20
9 A Chemical Garden . . . . .	23
10 Self-Igniting Iron . . . . .	25
11 The Passivation of Iron . . . . .	27
12 Fireworks Ignited by Ice . . . . .	29
13 The Aluminum-Iodine Reaction. . . . .	31
14 Lightning under Water. . . . .	33
15 Growling Gummy Bear . . . . .	35
16 Self-Igniting Wood Wool . . . . .	37
17 Fire without Matches. . . . .	39
18 White Phosphorus, a Very Dangerous Chemical . . . . .	41
19 Fireworks for a Garden Party – Red and Green Fire . . . . .	45
20 Red, Green, and Yellow Fire without Emission of Sulfur Dioxide . . . . .	48
21 Artificial Fog . . . . .	50
22 Mushroom Clouds . . . . .	52
23 The Thermite Process . . . . .	54
24 Antimony Triiodide. . . . .	60
25 The Many Colors of Vanadium . . . . .	62



26 The Stepwise Reduction of Potassium Permanganate in an Alkaline Medium . . . . .	64
27 A Reversible Blue-and-Gold Reaction . . . . .	66
28 The Two-Color Formaldehyde Clock . . . . .	68
29 The Colors Black, Red, and Gold . . . . .	70
30 Reactions with Iodine . . . . .	73
31 Methylene Blue: A Dyestuff that Made Medical History . . . . .	76
32 The Volcano Experiment . . . . .	78
33 Catalytic Decomposition of Ammonia in the Presence of Oxygen . .	80
34 Hydrogen Peroxide and Blood . . . . .	82
35 Decomposition of Hydrogen Peroxide in the Presence of Manganese Dioxide . . . . .	86
36 Decomposition of Hydrogen Peroxide by Potassium Permanganate . . . . .	88
37 Decolorization of Permanganate Solution by Hydrogen Peroxide . .	90
38 The Bleaching of Hair . . . . .	92
39 Invisible Inks . . . . .	95
40 A Magic Box . . . . .	97
41 A Weather Station . . . . .	100
42 Crown Ether Inclusion Compounds . . . . .	102
43 Color Effects due to Ligand Exchange in Nickel Complexes . . . . .	105
44 A Simple Separation of Cobalt and Nickel Salts . . . . .	108
45 The Reaction of Iron(III) Chloride with Hydroxybenzenes . . . . .	110
46 Five Colors from One Solution . . . . .	112
47 Color Effects in Aqueous Systems Containing Divalent Metal Ions Derived from Selected 3d Elements . . . . .	114
48 Color Reactions as a Test for Solvents . . . . .	117
49 Equilibrium Reactions of Copper and Cobalt Complexes . . . . .	120
50 The Colors of the Rainbow . . . . .	123

51 Plant Dyes as Universal Indicators . . . . .	126
52 Chemical Equilibria in Mineral Water . . . . .	129
53 Dry Ice and Indicators . . . . .	131
54 Self-Organization in Solution . . . . .	133
55 Acidic and Basic Salts . . . . .	135
56 The Amphoteric Behavior of Aluminum . . . . .	137
57 The Ammonia Fountain . . . . .	139
58 Stars and Stripes Forever . . . . .	142
59 Ion-Exchange Resins . . . . .	144
60 A Three-Layer Liquid . . . . .	176
61 Some Very Different Cocktails . . . . .	178
62 The Nernst Distribution Law . . . . .	180
63 Separation of Leaf Pigments by Column Chromatography . . . . .	183
64 Separation of the Colored Inks from Felt-Tip Pens . . . . .	186
65 Chemoluminescence . . . . .	188
66 Two-Color Chemoluminescence . . . . .	191
67 Chemoluminescence with Oxalyl Chloride . . . . .	194
68 Singlet Oxygen . . . . .	196
69 Generation of Singlet Oxygen in the Presence of Dyestuffs . . . . .	199
70 The Mitscherlich Test . . . . .	201
71 The Chemoluminescence of Phosphorus . . . . .	203
72 Chemoluminescence with Oxalic Esters . . . . .	205
73 Hemoglobin Chemoluminescence . . . . .	208
74 Developing of a Picture with Light . . . . .	210
75 Where There Is Light, There Is Also Shadow; Experiments with UV Light . . . . .	212
76 A Blueprint . . . . .	214
77 Photochemical Reduction of a Thiazine Dye . . . . .	216



78	Whiter Than White . . . . .	218
79	A Simple Luminophore . . . . .	219
80	The Setting Sun . . . . .	221
81	Mercury Beating Heart . . . . .	223
82	Gallium Beating Heart. . . . .	225
83	How to Make Batteries from Fruit and Vegetables . . . . .	228
84	Colors around the Cathode. . . . .	230
85	How to Turn Aluminum into Hoarfrost. . . . .	232
86	How to Clean Silver Cutlery . . . . .	234
87	Experiments with Liquid Nitrogen . . . . .	236
88	Cigars Burn Better in <i>Liquid Air</i> ! . . . . .	239
89	Demonstration of the Meissner-Ochsenfeld Effect: A Hovering Superconductor . . . . .	240
90	A Highly Exothermic Reaction . . . . .	243
91	Highly Endothermic Reactions . . . . .	245
92	An Eruption Caused by Zinc and Sulfur . . . . .	247
93	Thermochromism . . . . .	249
94	A Simple Experiment to Demonstrate the "Greenhouse Effect". . . . .	251
95	A Barking Dog . . . . .	254
96	A Bromate-Malonic Acid Oscillation Process Catalyzed by $Mn^{2+}$ Ions . . . . .	256
97	A Green-Blue-Red Belousov-Zhabotinsky Reaction . . . . .	258
98	An Oscillating Platinum Wire . . . . .	260
99	Green-Red-Yellow: An Unusual Traffic Light . . . . .	262
100	A Flashing Blue Light . . . . .	264
101	The Döbereiner Cigarette Lighter: Physical and Chemical Properties of Hydrogen . . . . .	266
102	The Landolt Experiment . . . . .	270
103	"Home-Brewed Beer" . . . . .	275

*Contents*

XV

104 "Artificial Coke" . . . . .	277
105 The Chlorine-Hydrogen Reaction . . . . .	279
106 Big Bang in a Tin Can . . . . .	282
107 Gas Explosions . . . . .	284
108 The Reaction of a Mixture of Acetylene and Air . . . . .	286
109 Oxyhydrogen Gas in Soap Bubbles. . . . .	289
110 Nitrogen Triiodide . . . . .	292
111 Minting Coins using Potassium Chlorate . . . . .	294
112 Combustion with Emission of Sparks . . . . .	296
113 The Charcoal Dance: Reactions of Charcoal and Sulfur with Fused Potassium Nitrate. . . . .	298
114 Dancing Fire . . . . .	300
115 A Burning Gel. . . . .	303
116 Borates. . . . .	304
117 Ethyl Acetate. . . . .	306
118 Esters as Natural Perfumes . . . . .	308
119 Reactive Aldehydes . . . . .	311
120 How to Dissolve Polystyrene Foam . . . . .	315
121 Hoarfrost in a Glass . . . . .	316
122 Sulfur Crystals . . . . .	318
123 Giant Crystals . . . . .	321
124 A Handkerchief Flambé, and How (Not) to Burn a Banknote. . . . .	324
Cited Personalities . . . . .	329
Subject Index . . . . .	333



# **Florilège de chimie pratique**

**Florence Daumarie, Pascal Griesmar, Solange Salzard**

**CAPES • AGRÉGATION**

**COLLECTION ENSEIGNEMENT DES SCIENCES**

**HERMANN  ÉDITEURS DES SCIENCES ET DES ARTS**

Chapitre II		
Synthèses organiques		13
II.1 Synthèse de l'ester de poire au four à micro-ondes		13
II.1.1 Objectif		13
II.1.2 Manipulation		13
II.1.3 Discussion		15
II.1.3.1 Principe du chauffage par micro-ondes		15
II.1.3.2 Application à la synthèse d'esters à longues chaînes		16
II.1.3.3 Mécanisme de l'estérification		16
II.1.4 Données relatives à l'expérience		17
II.2 Synthèse de l'anthraquinone au four à micro-ondes		18
II.2.1 Objectif		18
II.2.2 Manipulation		18
II.2.2.1 Préparation des réactifs		18
II.2.2.2 Synthèse de l'anthraquinone		19
II.2.2.3 Caractérisation de l'anthraquinone		19
II.2.3 Discussion		19
II.2.3.1 Mécanisme de la réaction		19
II.2.3.2 Intérêt de la synthèse		21
II.2.3 Données relatives à l'expérience		21
II.3 Transposition de Wagner-Merwein, synthèse de l'acétate d'isobornyle		22
II.3.1 Objectif		22
II.3.2 Manipulation		22
II.3.2.1 Synthèse de l'acétate d'isobornyle		22
II.3.2.2 Extraction et purification de l'acétate d'isobornyle		23
II.3.2.3 Caractérisation du produit		23
II.3.3 Discussion		24
II.3.4 Données relatives à l'expérience		25
II.4 Synthèse de l'isobornéol à partir de l'acétate d'isobornyle		26
II.4.1 Objectif		26
II.4.2 Manipulation		26
II.4.2.1 Synthèse de l'isobornéol		26
II.4.2.2 Séparation de l'isobornéol		27
II.4.2.3 Caractérisation de l'isobornéol		27
II.4.3 Données relatives à l'expérience		27



II.5	Synthèse du camphre par oxydation chromique de l'isobornéol	29
II.5.1	Objectif	29
II.5.2	Manipulation	29
II.5.2.1	Préparation du réactif de Jones	29
II.5.2.2	Préparation du camphre	30
II.5.2.3	Purification du camphre par sublimation	30
II.5.2.4	Caractérisation du camphre	30
II.5.3	Discussion	31
II.5.3.1	Mécanisme de la réaction	31
II.5.3.2	Choix des réactifs	31
II.5.4	Données relatives à l'expérience	32
II.6	Isomérisation du bornéol en isobornéol, oxydation et réduction successives <i>via</i> le camphre	33
II.6.1	Objectif	33
II.6.2	Manipulation	34
II.6.2.1	Oxydation du bornéol par le dichromate de sodium	34
II.6.2.2	Réduction du camphre en isobornéol	35
II.6.2.3	Détermination des pourcentages respectifs de bornéol et d'isobornéol obtenus après réduction du camphre	35
II.6.3	Discussion	36
II.6.3.1	Mécanisme de l'oxydation du bornéol par le dichromate de sodium	36
II.6.3.2	Mécanisme de la réduction du camphre par $\text{NaBH}_4$	36
II.6.3.3	Stéréochimie de la réduction du camphre par $\text{NaBH}_4$	37
II.6.4	Données relatives à l'expérience	39
II.7	Synthèse du bromure d'éthyle magnésium	40
II.7.1	Objectif	40
II.7.2	Manipulation	40
II.7.2.1	Préparation du montage et des solutions	40
II.7.2.2	Synthèse de l'organomagnésien	41
II.7.3	Discussion	42
II.7.4	Données relatives à l'expérience	42
II.8	Action d'un organomagnésien et d'un organocuprate sur l'isophorone	43
II.8.1	Objectifs	43
II.8.2	Manipulation	43
II.8.2.1	Synthèse de l'organomagnésien	43
II.8.2.2	Préparation des solutions	43



II.8.2.3	<i>Synthèse et action du cuprate sur l'isophorone</i>	44
II.8.2.4	<i>Action du magnésien sur l'isophorone</i>	44
II.8.3	Discussion	44
II.8.4	Données relatives à l'expérience	46
II.9	<b>Synthèse de la méso-tétraphénylporphyrine</b>	47
II.9.1	Objectifs	47
II.9.2	Manipulation	48
II.9.2.1	<i>Distillation du pyrrole</i>	48
II.9.2.2	<i>Synthèse de la méso-tétraphénylporphyrine</i>	48
II.9.3	Discussion	49
II.9.4	Données relatives à l'expérience	49
II.10	<b>Méallation de la méso-tétraphénylporphyrine</b>	50
II.10.1	Objectif	50
II.10.2	Manipulation	51
II.10.2.1	<i>Méallation de la méso-tétraphénylporphyrine</i>	51
II.10.2.2	<i>Extraction de la métallo-porphyrine</i>	51
II.10.2.3	<i>Caractérisation de la métallo-porphyrine 51 par spectrophotométrie UV-visible</i>	51
II.10.3	Discussion	51
II.10.4	Données relatives à l'expérience	52
II.11	<b>Synthèse de l'aspirine</b>	53
II.11.1	Objectifs	53
II.11.2	Manipulation	53
II.11.2.1	<i>Synthèse de l'aspirine</i>	53
II.11.2.2	<i>Extraction de l'aspirine</i>	54
II.11.2.3	<i>Recristallisation de l'aspirine</i>	54
II.11.2.4	<i>Identification de l'aspirine sur CCM</i>	54
II.11.3	Discussion	54
II.11.4	Données relatives à l'expérience	56
II.12	<b>Catalyse par transfert de phase, addition du dichlorocarbène sur le cyclohexène</b>	57
II.12.1	Objectif	57
II.12.2	Manipulation	57
II.12.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	57
II.12.2.2	<i>Synthèse du 7,7-dichlorobicyclo[4.1.0]heptane</i>	58
II.12.2.3	<i>Extraction du 7,7-dichlorobicyclo[4.1.0]heptane</i>	58
II.12.2.4	<i>Purification du produit par distillation</i>	58

II.13

II.14

II.15

Chap  
Ciné

III.1

II.12.3	Discussion	59
II.12.3.1	<i>Addition d'un carbène sur le cyclohexène</i>	59
II.12.3.2	<i>Catalyseurs par transfert de phase</i>	60
II.12.4	Données relatives à l'expérience	63
II.13	Test de Lucas	64
II.13.1	Objectif	64
II.13.2	Manipulation	64
II.13.3	Discussion	64
II.14	Test à la 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH)	66
II.14.1	Objectif	66
II.14.2	Manipulation	66
II.14.2.1	<i>Préparation du réactif</i>	66
II.14.2.2	<i>Mise en évidence de la fonction carbonyle</i>	66
II.14.3	Discussion	67
II.14.4	Données relatives à l'expérience	67
II.15	Test iodoforme	68
II.15.1	Objectif	68
II.15.2	Manipulation	68
II.15.2.1	<i>Préparation du réactif</i>	68
II.15.2.2	<i>Mise en évidence du groupe méthyle en <math>\alpha</math> des cétones</i>	68
II.15.3	Discussion	69
II.15.4	Données relatives à l'expérience	69
Chapitre III		
Cinétique chimique		71
III.1	Hydrolyse du chlorure de tertio-butyle assistée par ordinateur	71
III.1.1	Objectifs	71
III.1.2	Manipulation	71
III.1.3	Traitement des résultats expérimentaux	73
III.1.3.1	<i>Détermination de la valeur de la conductivité limite <math>\sigma_{\infty}</math></i>	73
III.1.3.2	<i>Vérification de l'ordre de la réaction</i>	74
III.1.4	Discussion	76
III.1.4.1	<i>L'hydrolyse du <math>t\text{BuCl}</math> : un mécanisme par étapes</i>	76
III.1.4.2	<i>Détermination de l'énergie d'activation. Loi d'Arrhénius</i>	77
III.1.5	Données relatives à l'expérience	78

III.2	Oxydation du propan-2-ol par le dichromate de potassium	79
III.2.1	Objectifs	79
III.2.2	Manipulation	79
III.2.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	79
III.2.2.2	<i>Étude de la cinétique d'oxydation</i>	79
III.2.3	Discussion	80
III.2.3.1	<i>Oxydation d'un alcool secondaire par les ions dichromate</i>	80
III.2.3.2	<i>Suivi spectrophotométrique de la réaction d'oxydation de l'alcool</i>	81
III.2.4	Données relatives à l'expérience	82
III.3	Oxydation de l'ion iodure par l'ion peroxodisulfate	83
III.3.1	Objectifs	83
III.3.2	Manipulation	83
III.3.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	83
III.3.2.2	<i>Étude cinétique à température constante</i>	84
III.3.3	Discussion	85
III.3.3.1	<i>Principe de la méthode d'étude</i>	85
III.3.3.2	<i>Vérification de l'ordre de la réaction</i>	86
III.3.3.3	<i>Vérification de la loi d'Arrhénius</i>	87
III.3.4	Données relatives à l'expérience	87
Chapitre IV		
	Mesures de grandeurs thermodynamiques	89
IV.1	Détermination de l'enthalpie d'hydratation du carbonate de sodium	89
IV.1.1	Objectifs	89
IV.1.2	Manipulation	90
IV.1.2.1	<i>Détermination de la valeur en eau M du calorimètre utilisé</i>	90
IV.1.2.2	<i>Dissolution des sels anhydre et hydraté</i>	90
IV.1.3	Discussion	92
IV.1.3.1	<i>Détermination de la valeur en eau du calorimètre</i>	92
IV.1.3.2	<i>Dissolution d'un sel dans l'eau</i>	93
IV.1.3.3	<i>Détermination de <math>\Delta_{\text{hydra}}H^\circ</math> à partir du cycle de Hess</i>	95
IV.1.4	Données relatives à l'expérience	95
IV.2	Détermination de l'enthalpie et de l'entropie standard de vaporisation de l'eau	96
IV.2.1	Objectifs	96
IV.2.2	Manipulation	96

IV.3

IV.4



IV.2.2.1	Montage expérimental de l'entropimètre à bulles	96
IV.2.2.2	Évolution de la pression de vapeur saturante $P_{\text{eau}}$ de l'eau à la température $T$	97
IV.2.3	Discussion	97
IV.2.3.1	Étude de l'équilibre de vaporisation	97
IV.2.3.2	Mesure de la pression de vapeur saturante de l'eau, $P_{\text{eau}}$	98
IV.2.3.3	Enthalpie et entropie standard de vaporisation de l'eau à 373 K	100
IV.2.3.4	Diagramme d'état de l'eau pure	100
IV.2.3	Données relatives à l'expérience	102
IV.3	Détermination assistée par ordinateur du $pK_A$ du bleu de bromophénol (BBP)	103
IV.3.1	Objectif	103
IV.3.2	Manipulation	103
IV.3.2.1	Préparation de la solution mère $S_0$ de BBP	103
IV.3.2.2	Tracé des spectres en spectrophotométrie visible	103
IV.3.2.3	Exploitation à l'aide du logiciel s250PC et détermination graphique du $pK_A$	104
IV.3.3	Discussion	105
IV.3.3.1	Indicateurs colorés acido-basiques	105
IV.3.3.2	Spectrophotométrie des indicateurs colorés	105
IV.3.3.3	Détermination par spectrophotométrie et pH-métrie du $pK_A$	106
IV.3.3	Données relatives à l'expérience	108
IV.4	Détermination du $pK_s$ de AgSCN et du potentiel standard de $Ag^+/Ag_{(s)}$ à 25 °C	109
IV.4.1	Objectifs	109
IV.4.2	Manipulation	109
IV.4.2.1	Préparation du matériel et des solutions	109
IV.4.2.2	Dosage de la solution de nitrate d'argent	110
IV.4.3	Discussion	110
IV.4.3.1	Choix des électrodes du dosage	110
IV.4.3.2	Évolution de $\Delta E$ en fonction de la concentration en argent I dans la solution	110
IV.4.3.3	Détermination du potentiel standard du couple de l'argent ( $Ag^+/Ag_{(s)}$ )	112
IV.4.3.4	Détermination du produit de solubilité du thiocyanate d'argent à 25 °C	112
IV.4.4	Données relatives à l'expérience	113

<b>IV.5</b>	<b>Mesure de la constante globale de formation du complexe <math>\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+</math> à 25 °C</b>	114
IV.5.1	Objectif	114
IV.5.2	Manipulation	114
IV.5.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	114
IV.5.2.2	<i>Dosage de la solution de nitrate d'argent et d'ammonium</i>	114
IV.5.3	Discussion	115
IV.5.3.1	<i>Détermination du nombre de ligands ammoniac</i>	115
IV.5.3.2	<i>Évaluation de la concentration en ions <math>\text{Ag}^+</math> libres</i>	116
IV.5.3.3	<i>Calcul de la constante de formation <math>\beta_2</math></i>	116
IV.5.4	Données relatives à l'expérience	116
<b>IV.6</b>	<b>Détermination de la constante de partage du diiode entre deux solvants, <math>\text{H}_2\text{O}</math> et <math>\text{CCl}_4</math></b>	117
IV.6.1	Objectifs	117
IV.6.2	Manipulation	117
IV.6.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	117
IV.6.2.2	<i>Visualisation du partage du diiode entre <math>\text{H}_2\text{O}</math> et <math>\text{CCl}_4</math></i>	117
IV.6.2.3	<i>Dosage du diiode</i>	118
IV.6.3	Discussion	119
IV.6.3.1	<i>Constante thermodynamique <math>K</math> de partage entre deux solvants</i>	119
IV.6.3.2	<i>Dosage du diiode par le thiosulfate de sodium</i>	119
IV.6.4	Données relatives à l'expérience	120
<b>IV.7</b>	<b>Détermination de la constante globale de formation du complexe <math>\text{I}_3^-</math></b>	121
IV.7.1	Objectif	121
IV.7.2	Manipulation	121
IV.7.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	121
IV.7.2.2	<i>Établissement de l'équilibre entre <math>\text{H}_2\text{O}</math> et <math>\text{CCl}_4</math></i>	121
IV.7.2.3	<i>Dosage du diiode</i>	122
IV.7.3	Discussion	123
IV.7.3.1	<i>Équilibre de complexation</i>	123
IV.7.3.2	<i>Dosage par le thiosulfate de sodium et détermination de <math>K_2</math></i>	123
IV.7.4	Données relatives à l'expérience	124
<b>IV.8</b>	<b>Conductivité équivalente limite de <math>\text{KNO}_3</math>, loi de Kohlrausch</b>	125
IV.8.1	Objectif	125
IV.8.2	Manipulation	125
IV.8.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	125



IV.8.2.2	Tracé de $\Lambda = f(\sqrt{C_{KNO_3}})$	125
IV.8.3	Discussion	126
IV.8.3.1	Conductivité molaire limite $\Lambda^\circ$ d'un électrolyte seul en solution	126
IV.8.3.2	Résultats de l'expérience	127
IV.8.4	Données relatives à l'expérience	127
IV.9	Détermination du volume molaire du dihydrogène gazeux à 25 °C	128
IV.9.1	Objectifs	128
IV.9.2	Manipulation	128
IV.9.2.1	Préparation de l'acide et du magnésium	128
IV.9.2.2	Réalisation du montage expérimental	128
IV.9.2.3	Réaction du magnésium avec l'acide chlorhydrique	129
IV.9.3	Discussion	130
IV.9.3.1	Détermination du volume molaire du dihydrogène à 25 °C	130
IV.9.3.2	Cinétique de la réaction d'oxydoréduction	130
IV.9.4	Données relatives à l'expérience	130
Chapitre V		
	Techniques de séparation et de purification, solubilité	131
V.1	Solubilité de NaCl dans différents solvants, purification du sel gris de Guérande	131
V.1.1	Objectifs	131
V.1.2	Manipulation	131
V.1.2.1	Préparation des solutions	131
V.1.2.2	Dissolution du sel dans deux solvants	132
V.1.2.3	Détermination par dosage de la solubilité du sel dans chaque solvant	132
V.1.2.4	Purification du sel gris de Guérande®	132
V.1.3	Discussion	133
V.1.3.1	Solubilité d'un solide dans un solvant	133
V.1.3.2	Dosage du sel dans chaque solvant	133
V.1.3.4	Purification du sel gris	135
V.1.4	Données relatives à l'expérience	135
V.2	Influence de la force ionique sur la solubilité de CaSO <sub>4</sub> dans l'eau	136
V.2.1	Objectif	136
V.2.2	Manipulation	136
V.2.2.1	Préparation de la solution saturée de sulfate de calcium	136
V.2.2.2	Effet de la force ionique I sur la solubilité du sulfate de calcium	136

V.2.3	Discussion	137
V.2.3.1	Conductivité molaire d'un ion $\lambda_i$	137
V.2.3.2	Coefficient d'activité, loi empirique de Debye-Hückel	138
V.2.3.3	Détermination du produit de solubilité du sulfate de calcium	139
V.2.3.4	Force ionique et solubilité du sulfate de calcium	139
V.2.4	Données relatives à l'expérience	141
V.3	Illustration colorée du principe d'une ampoule à décanter par le 2,6-dichloroindophénoï	142
V.3.1	Objectif	142
V.3.2	Manipulation	142
V.3.2.1	Préparation des solutions	142
V.3.2.2	Extractions successives dans l'ampoule à décanter	143
V.3.3	Discussion	143
V.3.4	Données relatives à l'expérience	145
V.4	Solubilité de l'ammoniac dans l'eau, expérience du jet d'eau	146
V.4.1	Objectifs	146
V.4.2	Manipulation	146
V.4.2.1	Description sommaire du montage expérimental sous hotte	146
V.4.2.2	Synthèse du gaz ammoniac	147
V.4.2.3	Mise en évidence de la grande solubilité de $\text{NH}_3$ dans l'eau	147
V.4.2.4	Dosage de l'ammoniac dissous	148
V.4.3	Discussion	148
V.4.4	Données relatives à l'expérience	148
V.5	Séparation de quatre composés dans un mélange	149
V.5.1	Objectif	149
V.5.2	Manipulation	149
V.5.2.1	Préparation du mélange initial	149
V.5.2.2	Extraction et purification de l'acide benzoïque	150
V.5.2.3	Extraction et purification du 2-naphtol	150
V.5.2.4	Séparation des deux derniers composés (1-chlorobutane et toluène)	151
V.5.3	Discussion	152
V.5.4	Données relatives à l'expérience	153
V.6	Séparation d'un mélange de colorants par chromatographie sur colonne d'alumine	154
V.6.1	Objectif	154
V.6.2	Manipulation	154
V.6.2.1	Préparation de la colonne	154

V.6.2.2	<i>Élution du mélange de colorant</i>	155
V.6.2.3	<i>Séparation du mélange par chromatographie sur couche mince (CCM)</i>	155
V.6.3	Discussion	156
V.6.3.1	<i>Généralités sur la chromatographie d'affinité</i>	156
V.6.3.2	<i>Chromatographie sur couche mince ou CCM</i>	156
V.6.3.3	<i>Adsorbants et éluants les plus courants</i>	157
V.7	<b>Séparation des pigments des épinards sur colonne d'alumine</b>	159
V.7.1	Objectif	159
V.7.2	Manipulation	159
V.7.2.1	<i>Préparation des épinards</i>	159
V.7.2.2	<i>Préparation de la colonne de chromatographie</i>	160
V.7.2.3	<i>Séparation des pigments des épinards</i>	160
V.7.2.4	<i>Spectrophotométrie UV-visible</i>	161
V.7.3	Discussion	161
V.7.4	Données relatives à l'expérience	162
V.8	<b>Étude d'un mélange binaire plomb/étain</b>	164
V.8.1	Objectif	164
V.8.2	Manipulation	164
V.8.2.1	<i>Préparation de 7 mélanges Pb/Sn de 40,0 g à l'aide d'une balance</i>	164
V.8.2.2	<i>Tracé des courbes d'analyse thermique au refroidissement</i>	165
V.8.3	Discussion	166
V.8.3.1	<i>Caractéristiques du mélange plomb/étain (Pb/Sn)</i>	166
V.8.3.2	<i>Variance d'un système physico-chimique</i>	166
V.8.3.3	<i>Courbes d'analyse thermique au refroidissement (ATR)</i>	167
V.8.3.4	<i>Présentation du diagramme binaire plomb/étain</i>	169
V.8.3.5	<i>Analyse du diagramme binaire plomb/étain</i>	170
V.8.3.6	<i>Détermination d'une température à l'aide d'un thermocouple</i>	170
V.8.4	Données relatives à l'expérience	170
Chapitre VI		
Analyse chimique quantitative		171
VI.1	<b>Dosage des acides contenus dans le Coca-cola</b>	171
VI.1.1	Objectif	171
VI.1.2	Manipulation	171
VI.1.2.1	<i>Préparation de la solution de Coca-cola®</i>	171
VI.1.2.2	<i>Dosage de l'acide phosphorique du Coca-cola® par de la soude</i>	172



VI.1.3	Discussion	172
VI.1.2.1	Mesure du pH d'une solution	172
VI.1.3.2	Acides du Coca-cola®	172
VI.1.4	Données relatives à l'expérience	173
VI.2	Dosage des acides du jus de citron	175
VI.2.1	Objectif	175
VI.2.2	Manipulation	175
VI.2.2.1	Préparation du jus de citron	175
VI.2.2.2	Dosage des acides du jus de citron	175
VI.2.3	Discussion	176
VI.2.3.1	Étude de la courbe de dosage	176
VI.2.3.2	Calcul de l'incertitude du résultat	177
VI.2.3.3	D'où viennent les acidités de la vitamine C ?	177
VI.2.4	Données relatives à l'expérience	177
VI.3	Dosage de l'acide acétylsalicylique (ou aspirine) contenu dans un cachet	178
VI.3.1	Objectif	178
VI.3.2	Manipulation	178
VI.3.2.1	Préparation du cachet d'aspirine	178
VI.3.2.2	Dosage de la solution d'aspirine par la soude	179
VI.3.3	Discussion	179
VI.3.4	Données relatives à l'expérience	180
VI.4	Dosage d'un mélange d'acides par deux indicateurs colorés	181
VI.4.1	Objectifs	181
VI.4.2	Manipulation	181
VI.4.2.1	Préparation des mélanges d'acides	181
VI.4.2.2	Tracé de la courbe $\text{pH} = f(\text{VNaOH})$	181
VI.4.3	Discussion	182
VI.4.3.1	Étude des courbes de dosage	182
VI.4.3.2	Indicateurs colorés acido-basiques	183
VI.4.4	Données relatives à l'expérience	185
VI.5	Dosage pH-métrique d'une soude carbonatée	186
VI.5.1	Objectif	186
VI.5.2	Manipulation	186
VI.5.2.1	Préparation de la soude carbonatée	186
VI.5.2.2	Dosage de la soude carbonatée par HCl	186
VI.5.3	Discussion	186



VI.5.3.1	<i>Dissolution des gaz dans les liquides</i>	186
VI.5.3.2	<i>Étude de la courbe de dosage de la soude carbonatée</i>	187
VI.5.4	Données relatives à l'expérience	188
VI.6	Mesure du pouvoir tampon de deux solutions tampon de pH 4,8 et 9,2	189
VI.6.1	Objectifs	189
VI.6.2	Manipulation	189
VI.6.2.1	<i>Préparation des mélanges tampon</i>	189
VI.6.2.2	<i>Détermination du pouvoir tampon <math>\beta</math> de chaque solution</i>	189
VI.6.2.3	<i>Détermination du pouvoir tampon après une dilution au 10<sup>e</sup></i>	190
VI.6.3	Discussion	190
VI.6.3.1	<i>Définition d'une solution tampon</i>	190
VI.6.3.2	<i>Pouvoir tampon</i>	190
VI.6.3.3	<i>Étude des courbes de dosage</i>	194
VI.6.4	Données relatives à l'expérience	194
VI.7	Dosages conductimétrique et pH-métrique d'un acide aminé, la glycine	195
VI.7.1	Objectif	195
VI.7.2	Manipulation	195
VI.7.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	195
VI.7.2.2	<i>Dosage de la solution de glycine acide</i>	196
VI.7.3	Discussion	196
VI.7.3.1	<i>Présentation de la glycine</i>	196
VI.7.3.2	<i>Étude des réactions de dosages pH-métrique et conductimétrique</i>	197
VI.7.4	Données relatives à l'expérience	199
VI.8	Dosage des ions fer II par voltampérométrie	200
VI.8.1	Objectifs	200
VI.8.2	Manipulation	200
VI.8.2.1	<i>Préparation des solutions-étalon et de la solution inconnue</i>	200
VI.8.2.2	<i>Tracé des courbes <math>I = f(\Delta E)</math>, obtention de la droite d'étalonnage</i>	201
VI.8.3	Discussion	201
VI.8.3.1	<i>Interprétation des courbes <math>I = f(\Delta E)</math> de <math>K_4Fe(CN)_6</math></i>	201
VI.8.3.2	<i>Tracé de la courbe <math>I_{diff} = f[Fe(CN)_6^{4-}] = f(Fe II)</math></i>	201
VI.8.4	Données relatives à l'expérience	203
VI.9	Dosage de la vitamine C d'un jus de citron	204
VI.9.1	Objectif	204
VI.9.2	Manipulation	204

VI.9.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	204	VI.
VI.9.2.2	<i>Dosage de la vitamine C par un excès de diiode</i>	205	
VI.9.2.3	<i>Dosage de l'excès de diiode par le thiosulfate</i>	205	
VI.9.3	Discussion	205	
VI.9.3.1	<i>Principe du dosage en retour</i>	205	
VI.9.3.2	<i>Étude de la courbe de dosage de l'excès de diiode par le thiosulfate</i>	206	
VI.9.3.3	<i>Détermination des constantes d'équilibre des réactions de dosage</i>	207	
VI.9.3.4	<i>Besoins en vitamine C</i>	208	
VI.9.4	Données relatives à l'expérience	208	
VI.10	Dosage potentiométrique des ions cérium IV	209	VI
VI.10.1	Objectif	209	
VI.10.2	Manipulation	209	
VI.10.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	209	
VI.10.2.2	<i>Dosage des ions cérium IV</i>	210	
VI.10.3	Discussion	210	
VI.10.3.1	<i>Étude de la courbe de dosage potentiométrique</i>	210	
VI.10.3.2	<i>Calcul de l'incertitude du résultat</i>	210	
VI.10.3.3	<i>Comparaison des deux méthodes</i>	210	
VI.10.3	Données relatives à l'expérience	201	
VI.11	Dosage du glucose dans une solution de réhydratation (Adiaril®)	212	Ch
VI.11.1	Objectif	212	Ét
VI.11.2	Manipulation	212	
VI.11.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	212	VI
VI.11.2.2	<i>Réaction lente entre le glucose et le diiode</i>	212	
VI.11.2.3	<i>Dosage de l'excès de diiode par le thiosulfate de sodium</i>	213	
VI.11.3	Discussion	213	
VI.11.4	Données relatives à l'expérience	213	
VI.12	Dosage de l'éthanol dans le vin	214	V
VI.12.1	Objectif	214	
VI.12.2	Manipulation	214	
VI.12.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	214	
VI.12.2.2	<i>Oxydation du vin par le dichromate de potassium en milieu acide</i>	215	
VI.12.2.3	<i>Dosage de l'excès de dichromate de potassium par le sel de Mohr</i>	215	
VI.12.3	Discussion	215	
VI.12.3.1	<i>Caractéristiques d'un vin rouge</i>	215	
VI.12.3.2	<i>Détermination du degré alcoolique du vin</i>	216	
VI.12.4	Données relatives à l'expérience	217	

VI.13	Dosage spectrophotométrique des ions $Ce^{4+}$ en solution aqueuse	218
VI.13.1	Objectif	218
VI.13.2	Manipulation	218
VI.13.2.2	Préparation des solutions	218
VI.13.2.2	Établissement de la droite d'étalonnage	218
VI.13.2.3	Détermination de la concentration en ions $Ce^{4+}$ de la solution inconnue	219
VI.13.3	Discussion	219
VI.13.3.1	Principe du dosage spectrophotométrique	219
VI.13.3.2	Résultats expérimentaux	220
VI.13.4	Données relatives à l'expérience	220
VI.14	Dosage des ions fer III par absorptiométrie	221
VI.14.1	Objectif	221
VI.14.2	Manipulation	221
VI.14.2.1	Préparation des solutions	221
VI.14.2.2	Tracé de la droite d'étalonnage et détermination de $[Fe^{3+}]_{inconnue}$	222
VI.14.3	Discussion	223
VI.14.3.1	Choix de la longueur d'onde du maximum d'absorption	223
VI.14.3.2	Étude de la courbe de dosage	223
VI.14.4	Données relatives à l'expérience	224
Chapitre VII		
	Étude de complexes inorganiques	225
VII.1	Solvatochromie au four à micro-ondes d'un complexe hydraté du cobalt en symétrie O ou T	225
VII.1.1	Objectif	225
VII.1.2	Manipulation	225
VII.1.3	Discussion	226
VII.1.3.1	Présentation des métaux de transition	226
VII.1.3.2	Champs de symétrie octaédrique O et tétraédrique T de ligands : théorie du champ cristallin	227
VII.1.3.3	Couleur des complexes de cobalt : termes spectroscopiques	228
VII.1.3.4	Facteurs influençant $\Delta_0$	229
VII.1.4	Données relatives à l'expérience	230
VII.2	Étude du complexe fer-thiocyanate par la méthode de Job	231
VII.2.1	Objectif	231
VII.2.2	Manipulation	231



VII.2.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	231
VII.2.2.2	<i>Courbes <math>A = f(x)</math></i>	232
VII.2.3	Discussion	233
VII.2.3.1	<i>Détermination de la stœchiométrie du complexe</i>	233
VII.2.3.2	<i>Détermination de la constante globale d'association <math>\beta_1</math></i>	234
VII.2.3	Données relatives à l'expérience	235
VII.3	Étude potentiométrique d'un complexe zinc-ammoniac	236
VII.3.1	Objectif	236
VII.3.2	Manipulation	236
VII.3.2.1	<i>Préparation des solutions et de l'électrode de zinc</i>	236
VII.3.2.2	<i>Étude potentiométrique du complexe</i>	237
VII.3.3	Discussion	238
VII.3.3.1	<i>Calcul du potentiel standard du couple <math>Zn^{2+}/Zn_{(s)}</math> à l'aide de la valeur de <math>\Delta E_1</math></i>	238
VII.3.3.2	<i>Détermination de la valeur de <math>x</math> du complexe</i>	238
VII.3.3.3	<i>Détermination de <math>n</math> et de la valeur de la constante globale de formation <math>\beta_n</math></i>	239
VII.3.4	Données relatives à l'expérience	240
VII.4	Étude des complexes amino- et éthylène diamine-argent	241
VII.4.1	Objectif	241
VII.4.2	Manipulation	241
VII.4.2.1	<i>Préparation des solutions</i>	241
VII.4.2.2	<i>Dosage potentiométrique avec l'ammoniac</i>	242
VII.4.2.3	<i>Dosage potentiométrique avec l'éthylène diamine</i>	242
VII.4.2.4	<i>Dosage conductimétrique avec l'éthylène diamine</i>	244
VII.4.3	Discussion	244
VII.4.3.1	<i>Détermination de la stœchiométrie du complexe <math>Ag-NH_3</math></i>	244
VII.4.3.2	<i>Détermination de la stœchiométrie du complexe <math>Ag-en</math></i>	245
VII.4.3.3	<i>Étude du dosage conductimétrique</i>	245
VII.4.3.4	<i>Détermination des constantes globales de formation des complexes étudiés</i>	245
VII.4.4	Données relatives à l'expérience	246
Chapitre VIII		
Oxydoréduction : piles et électrolyses		247
VIII.1	Différence de potentiel dans une pile fer-iode	247
VIII.1.1	Objectif	247
VIII.1.2	Manipulation	247



VIII.1.2.1	Préparation des solutions	247
VIII.1.2.2	Mesures de différences de potentiel	248
VIII.1.2.3	Étude de l'effet de la température sur la force électromotrice $\Delta E$	249
VIII.1.3	Discussion	249
VIII.1.3.1	Fonctionnement d'une pile électrochimique	249
VIII.1.3.2	Étude du système iode/iodeure	250
VIII.1.3.3	Étude du système $Fe(CN)_6^{3-}/Fe(CN)_6^{4-}$	251
VIII.1.3.4	Étude de la pile entière	251
VIII.1.3.5	Mélange $S_A$ et $S_B$	251
VIII.1.3.6	Évolution de la valeur de $\Delta E$ en fonction de la température	252
VIII.1.4	Données relatives à l'expérience	253
VIII.2	Influence du pH sur le potentiel d'oxydoréduction de la quinhydrone	254
VIII.2.1	Objectif	254
VIII.2.2	Manipulation	254
VIII.2.2.1	Préparation de la quinhydrone	254
VIII.2.2.2	Préparation de la solution de quinhydrone	254
VIII.2.2.3	Mesure du pH et du potentiel en fonction de la soude ajouté	255
VIII.2.3	Discussion	255
VIII.2.3.1	Présentation des couples de la quinhydrone	255
VIII.2.3.2	Mécanisme de réduction de la paraquinone	256
VIII.2.4	Données relatives à l'expérience	256
VIII.3	Électrolyse d'une solution de chlorure d'étain $SnCl_2$ , contradiction avec les prévisions thermodynamiques	257
VIII.3.1	Objectifs	257
VIII.3.2	Manipulation	257
VIII.3.2.1	Préparation des solutions	257
VIII.3.2.2	Électrolyse de la solution de chlorure d'étain	258
VIII.3.3	Discussion	258
VIII.3.3.1	Prévisions thermodynamiques et cinétiques	258
VIII.3.3.2	Les électrolyses en industrie	259
VIII.3.4	Données relatives à l'expérience	260
VIII.4	Étude de l'accumulateur au plomb	261
VIII.4.1	Objectif	261
VIII.4.2	Manipulation	261
VIII.4.3	Discussion	262
VIII.4.4	Données relatives à l'expérience	264

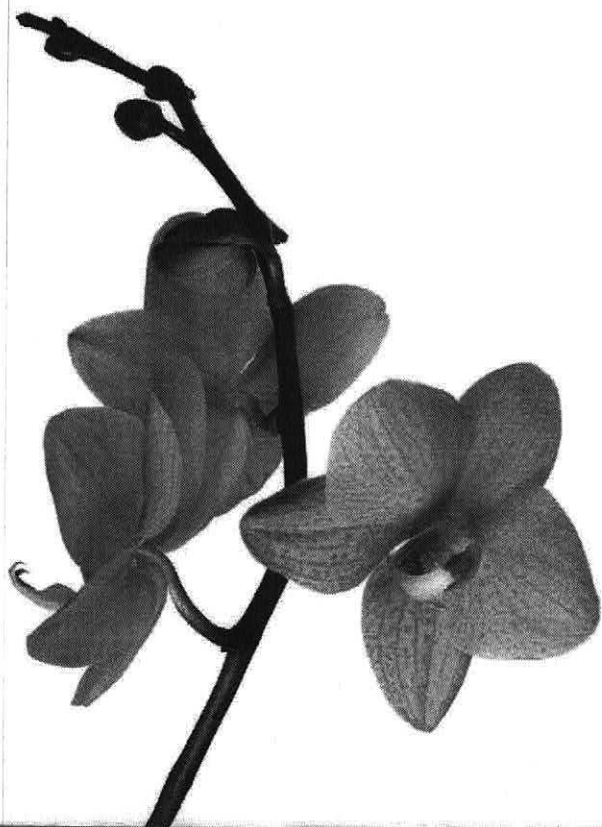
VIII.5	Détermination expérimentale de la constante de Faraday $\mathcal{F}$	265
VIII.5.1	Objectif	265
VIII.5.2	Manipulation	265
VIII.5.2.1	Préparation de la solution de nitrate de potassium et des électrodes de cuivre	265
VIII.5.2.2	Réalisation du montage expérimental	266
VIII.5.2.3	Électrolyse de la solution	266
VIII.5.3	Discussion	267
VIII.5.3.1	Présentation de l'électrolyse	267
VIII.5.3.2	Loi de Faraday	267
VIII.5.3.3	Calcul du rendement de l'électrolyse	268
VIII.5.4	Données relatives à l'expérience	268
Annexe		
	Logiciels d'acquisition et de traitement des données	269
A.1	Logiciel s250 PC®	269
A.2	Interface ORPHY GTS®	271
A.2.1	Schéma du montage	271
A.2.2	Utilisation d'un pH-mètre ou d'un potentiomètre PHN81 Tacussel	271
A.2.2.1	Branchement des appareils	271
A.2.2.2	Mode opératoire	271
A.2.2.3	Traitement des données	272
A.2.3	Utilisation d'un conductimètre CDRV 62 Tacussel	273
A.2.3.1	Branchement des appareils	273
A.2.3.2	Mode opératoire	273
A.2.3.3	Dosage	273
A.2.3.4	Cinétique	274
A.2.3.5	Traitement des données	274
A.2.3.6	Sauvegarde d'un fichier	274
A.3	Notice simplifiée du logiciel Voltamaster®	275
	Index par types de composés	276
	Index par méthodes	276
	Index alphabétique	277
	Que faire en combien de temps ?	281

Jérôme Blondeau

CAPES  
Agrégation

# Manipulations de chimie

L'indispensable  
des techniques de laboratoire



ellipses



## Table des matières

<b>Chapitre 1 La sécurité au laboratoire de chimie</b>	<b>9</b>
<b>Chapitre 2 Du bon usage de la verrerie</b>	<b>15</b>
Application : Dilution d'une solution d'acide éthanoïque	18
<b>Chapitre 3 Le Banc Köfler</b>	<b>23</b>
<b>Chapitre 4 La chromatographie</b>	<b>25</b>
Partie A - CPV Chromatographie en phase vapeur	26
Application : Détermination des proportions d'isomères de mononitration du toluène par la méthode de l'étalon interne	29
Partie B - CCM Chromatographie sur couche mince	36
Application : Réduction du (+)-camphre en isobornéol et bornéol	37
Partie C - Chromatographie sur colonne de gel	41
Application : Extraction des pigments d'épinards : le $\beta$ -carotène et la chlorophylle	42
Partie D - Chromatographie à échange d'ions	44
Application : Séparation d'un mélange d'ions nickel II et d'ions cobalt II sur une résine échangeuse d'ions	46
Partie E - Chromatographie d'exclusion stérique	49
Application : Séparation des protéines et du lactose contenues dans le lait	49
<b>Chapitre 5 La spectrométrie</b>	<b>51</b>
Partie A - La spectrométrie infrarouge	53
Application : Loi de Hooke Influence de la masse, de l'effet électronique et de la constante de force	56
Partie B - La spectrophotométrie ultraviolet - visible	63
Application : Détermination de la structure de complexe du cobalt	67
<b>Chapitre 6 La balance de Gouy</b>	<b>73</b>
Application : Synthèse et propriétés magnétiques du complexe $\text{NiCl}_2(\text{PPh}_3)_2$	76
<b>Chapitre 7 La distillation</b>	<b>79</b>
Partie A Distillation simple	79
Partie B Distillation fractionnée	81
Partie C L'hydrodistillation	83
Application : Extraction du limonène des écorces d'oranges par hydrodistillation	84
<b>Chapitre 8 L'appareil de Soxhlet</b>	<b>87</b>
Application : Cétolisation de l'acétone	88
<b>Chapitre 9 Appareil de Dean Stark</b>	<b>91</b>

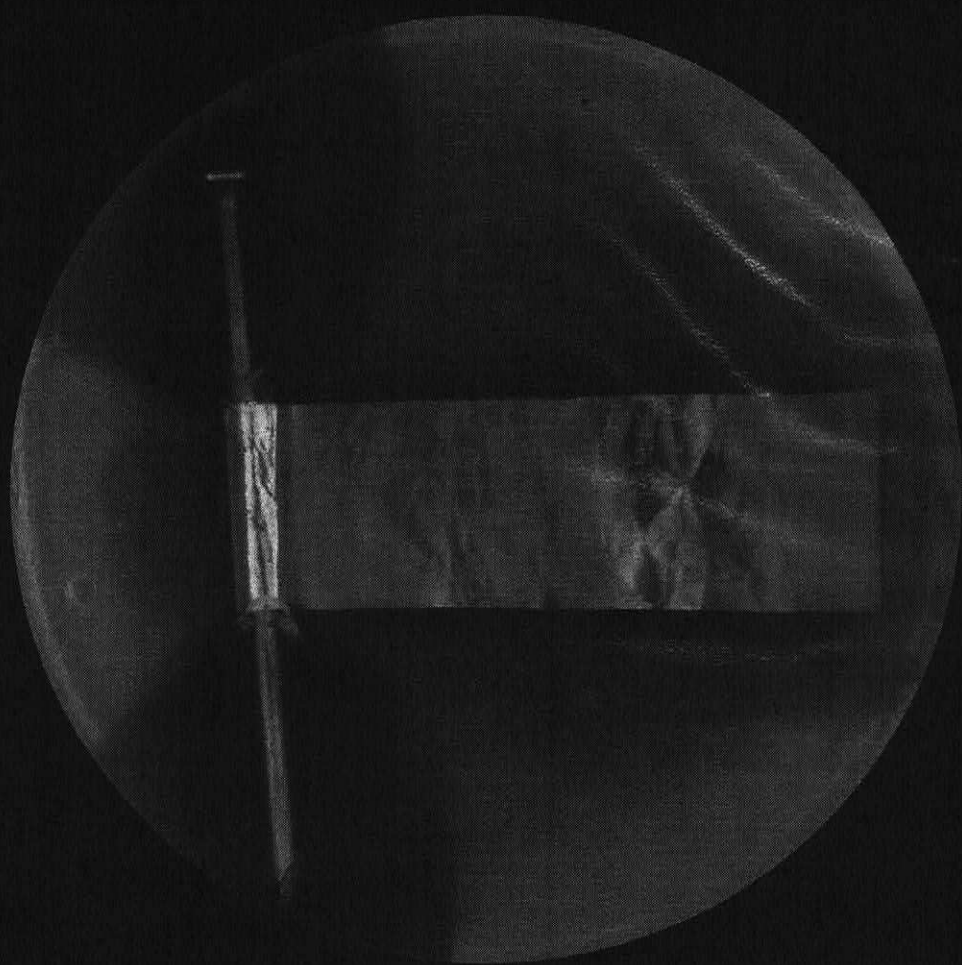


Application : Synthèse de l'éthanoate de benzyle par déplacement d'équilibre	94
<b>Chapitre 10 L'extraction liquide-liquide</b>	<b>99</b>
Application : Extraction du diode	
Détermination du coefficient de distribution	104
<b>Chapitre 11 Filtration, essorage et lavage</b>	<b>109</b>
Application : Réaction de Hörner – Wadworth – Emmons	112
<b>Chapitre 12 La recristallisation</b>	<b>115</b>
Application : Synthèse de la	
2,4-dinitrophenylhydrazine par substitution nucléophile aromatique	117
<b>Chapitre 13 La polarimétrie</b>	<b>119</b>
Application : Etude cinétique de la mutarotation du glucose	121
<b>Chapitre 14 La réfractométrie</b>	<b>127</b>
Application : Détermination de la composition	
d'un mélange propanol / cyclohexane	129
<b>Chapitre 15 Les dosages</b>	<b>133</b>
<b>Chapitre 16 Titrage colorimétrique</b>	<b>139</b>
Application : Choix d'un indicateur coloré pour le titrage	
du vinaigre blanc par la soude	141
<b>Chapitre 17 La potentiométrie</b>	<b>145</b>
Application : Titrage potentiométrique à deux électrodes de platine à	
intensité imposée faible	149
<b>Chapitre 18 La pHmétrie</b>	<b>153</b>
Application : Titrage de la teneur en acide orthophosphorique du Coca-	
Cola®	155
<b>Chapitre 19 La conductimétrie</b>	<b>159</b>
Application : Solvolysé du chlorure de tertiobutyle	161
<b>Chapitre 20 Méthode non stationnaire en électrochimie</b>	<b>167</b>
Partie A – Voltampérométrie cyclique	167
Application : Etude du mécanisme de la production de la tyrosine	
suivie de son oxydation à partir de la thyronine	170
Partie B - Chronoampérométrie	174
Application : Détermination du coefficient de diffusion	
du ferrocène dans différents solvants	175
<b>Chapitre 21 Méthode stationnaire en électrochimie</b>	<b>179</b>
Partie A - Voltampérométrie sur électrode tournante	179
Application : Obtention d'un régime stationnaire	180
Partie B - Polarographie	184
Application : Dosage des ions zinc II	
par l'acide éthylène-diamine-tétraacétique (EDTA)	185
<b>Mentions de danger (H) et conseils de prudence (P)</b>	<b>191</b>

Jean SARRAZIN Michel VERDAGUER

# L'OXYDOREDUCTION

Concepts et expériences



ellipses

## LISTE DES EXPERIENCES

## CHAPITRE 0 : INTRODUCTION

EXPÉRIENCE 0/1 :	Électroluminescence du rubrène	21
EXPÉRIENCE 0/2 :	Préparation de $\text{CrO}_5$	22

CHAPITRE E1 : ASPECTS THERMODYNAMIQUES  
FONDAMENTAUX

EXPÉRIENCE 1.1/1 :	Réduction de cations métalliques en solution par des métaux	58
EXPÉRIENCE 1.1/2 :	Réduction de cations métalliques en gel d'agar-agar par des métaux	59
EXPÉRIENCE 1.1/3 :	Oxydation du zinc par une solution cuivrique	60
EXPÉRIENCE 1.1/4 :	Oxydation du zinc par une solution cuivrique	60
EXPÉRIENCE 1.1/5 :	Réduction du cation argent(I) par le cuivre	61
EXPÉRIENCE 1.1/6 :	Réduction du cation argent(I) par le cuivre	61
EXPÉRIENCE 1.1/7 :	Réductions du cation mercurique $\text{Hg(II)}$	62
EXPÉRIENCE 1.1/8 :	Arbre de Diane	62
EXPÉRIENCE 1.1/9 :	Arbre de Saturne	63
EXPÉRIENCE 1.1/10 :	Réduction des protons par le zinc	64
EXPÉRIENCE 1.1/11 :	Réduction des protons par le fer	65
EXPÉRIENCE 1.1/12 :	Réduction des protons par le magnésium	66
EXPÉRIENCE 1.1/13 :	Réductions par l'aluminium	66
EXPÉRIENCE 1.2/1 :	Classification électrochimique des métaux (étude de piles)	66
EXPÉRIENCE 1.2/2 :	Classification électrochimique des métaux (étude de piles en milieu gélifié)	66
EXPÉRIENCE 1.2/3 :	Oxydation du cation $\text{Fe}^{2+}$ par le permanganate	67
EXPÉRIENCE 1.2/4 :	Réduction du cation $\text{Fe}^{3+}$ par $\text{Sn}^{2+}$	68
EXPÉRIENCE 1.3/1 :	Electrode à hydrogène	69
EXPÉRIENCE 1.3/2 :	Electrode au chlorure d'argent	71
EXPÉRIENCE 1.3/3 :	Electrode au calomel saturée	71
EXPÉRIENCE 1.3/4 :	Electrode du premier type : électrode d'argent	73
EXPÉRIENCE 1.3/5 :	Electrode du deuxième type : chlorure d'argent / argent	73
EXPÉRIENCE 1.3/6 :	Electrode du troisième type : $\text{Fe(III)/Fe(II)}$	74
EXPÉRIENCE 1.4/1 :	Echauffement lors de l'attaque d'un métal par le proton	75
EXPÉRIENCE 1.4/2 :	Enthalpie de réduction d'un ion métallique par un métal	76
EXPÉRIENCE 1.4/3 :	Enthalpie de réduction de l'ion cuivre(II) par un métal	76
EXPÉRIENCE 1.4/4 :	Enthalpie d'oxydation du magnésium par le proton	76
EXPÉRIENCE 1.4/5 :	Etude thermodynamique de la pile de Clark	78
EXPÉRIENCE 1.5/1 :	Détermination potentiométrique du coefficient d'activité de l'ion argent	80
EXPÉRIENCE 1.5/2 :	Dosage potentiométrique du fer(II) par le cerium(IV)	81
EXPÉRIENCE 1.5/3 :	Dosage potentiométrique du fer(II) par le permanganate	83
EXPÉRIENCE 1.5/4 :	Dosage successif de $\text{Fe}^{2+}$ et de l'orthophénanthroline ferreuse	87
EXPÉRIENCE 1.5/5 :	Dosage colorimétrique de $\text{Fe}^{2+}$ par $\text{Ce}^{4+}$	88



## CHAPITRE E2 : INFLUENCE DE DIFFERENTS FACTEURS

EXPÉRIENCE 2.0 :	Le rôle du logarithme dans la loi de Nernst	118
EXPÉRIENCE 2.1/1 :	Diagramme potentiel pH du fer	119
EXPÉRIENCE 2.1/2 :	Diagramme potentiel-pH de l'argent	120
EXPÉRIENCE 2.1/3 :	Diagramme potentiel-pH de l'argent en présence d'ammoniac	121
EXPÉRIENCE 2.1/4 :	Diagramme potentiel-pH du couple quinone-hydroquinone	121
EXPÉRIENCE 2.2/1 :	Variation du pouvoir oxydant du permanganate avec le pH	125
EXPÉRIENCE 2.2/2 :	Influence du pH sur l'équilibre d'oxydoréduction entre les couples As(V)/As(III) et I <sub>2</sub> /I <sup>-</sup>	126
EXPÉRIENCE 2.2/3 :	Influence du pH sur l'équilibre d'oxydoréduction entre les couples Fe(III)/Fe(II) et I <sub>2</sub> /I <sup>-</sup>	126
EXPÉRIENCE 2.2/4 :	Variation de pH provoquée par la réduction de l'iode par l'arsénite	127
EXPÉRIENCE 2.2/5 :	Variation de pH provoquée par la réduction de l'iodate par le thiosulfate	127
EXPÉRIENCE 2.2/6 :	Dismutation de l'iode en milieu basique	128
EXPÉRIENCE 2.2/7 :	Amphotérisation de l'iodate et de l'iodure en milieu acide	128
EXPÉRIENCE 2.2/8 :	Dismutation de l'ion manganate	129
EXPÉRIENCE 2.2/9 :	Dosage acidobasique de l'eau de chlore	129
EXPÉRIENCE 2.3/1 :	Stabilisation du mercure(II) par l'ion iodure	131
EXPÉRIENCE 2.3/2 :	Diminution du pouvoir oxydant du fer(III) en milieu fluorure	131
EXPÉRIENCE 2.3/3 :	Oxydation de l'or en milieu cyanure	132
EXPÉRIENCE 2.3/4 :	Réduction du bleu de méthylène par le cobalt(II) en milieu cyanure	132
EXPÉRIENCE 2.3/5 :	Dismutation du mercure(I) par complexation du mercure(II)	133
EXPÉRIENCE 2.3/6 :	Stabilisation du manganèse(III) par les phosphates	134
EXPÉRIENCE 2.3/7 :	Stabilisation du chrome(II) par l'acétate	134
EXPÉRIENCE 2.3/8 :	Stabilisation du cuivre(I) par l'ammoniac	135
EXPÉRIENCE 2.3/9 :	Stabilisation du cuivre(I) par l'ion chlorure	135
EXPÉRIENCE 2.3/10 :	Détermination potentiométrique de la constante de dissociation du complexe dicyanoargentate(I)	136
EXPÉRIENCE 2.4/1 :	Oxydation de l'ion iodure par l'ion ferricyanure en milieu contenant des ions zinc	138
EXPÉRIENCE 2.4/2 :	Oxydation de l'ion iodure par l'ion cuivrique	138
EXPÉRIENCE 2.4/3 :	Influence de la précipitation sur l'équilibre d'oxydoréduction des couples Fe(III)/Fe(II) et Pb(II)/Pb	138
EXPÉRIENCE 2.4/4 :	Dismutation de l'iode en présence d'ion Ag <sup>+</sup>	140
EXPÉRIENCE 2.4/5 :	Dismutation du cation mercureux en milieu basique	140
EXPÉRIENCE 2.4/6 :	Dismutation du thiosulfate en présence d'ion mercurique	140
EXPÉRIENCE 2.4/7 :	Réaction de la liqueur de Fehling avec le glucose	141
EXPÉRIENCE 2.4/8 :	Détermination potentiométrique du produit de solubilité de AgCl par pile de concentration	142

## CHAPITRE E3 : CINÉTIQUE CHIMIQUE DE L'OXYDORÉDUCTION

EXPÉRIENCE 3.1/1 :	La bouteille bleue	179
EXPÉRIENCE 3.1/2 :	La bouteille rouge	179
EXPÉRIENCE 3.1/3 :	La bouteille multicolore	180
EXPÉRIENCE 3.2/1 :	Dismutation de l'ion thiosulfate en milieu acide	182
EXPÉRIENCE 3.2/2 :	Oxydation de l'ion iodure par l'ion peroxodisulfate	184
EXPÉRIENCE 3.2/3 :	Réduction de l'ion iodate par l'ion hydrogénosulfite	186



EXPÉRIENCE 3.2/4 :	Réaction de la "Maison de Nassau"	187
EXPÉRIENCE 3.2/5 :	Oxydation de l'ion iodure par l'ion ferrique	187
EXPÉRIENCE 3.3/1 :	Réduction de l'ion peroxodisulfate par l'eau	192
EXPÉRIENCE 3.3/2 :	Dismutations du peroxyde d'hydrogène	192
EXPÉRIENCE 3.3/3 :	Réaction autocatalytique : oxydation de l'acide oxalique par l'ion permanganate	193
EXPÉRIENCE 3.3/4 :	Réaction autocatalytique : oxydation de l'eau oxygénée par l'ion permanganate	194
EXPÉRIENCE 3.3/5 :	Catalyse et intermédiaires réactionnels	194
EXPÉRIENCE 3.3/6 :	Procédé Wacker	194
EXPÉRIENCE 3.4/1 :	Réaction de Belousov-Zhabotinskii	197
EXPÉRIENCE 3.4/2 :	Réaction de Bray	199
EXPÉRIENCE 3.4/3 :	Réaction oscillante dans l'espace	200
EXPÉRIENCE 3.5/1 :	Photographie en bleu	203

#### CHAPITRE E4 : REACTIONS ELECTROCHIMIQUES ET ELECTROLYSE

EXPÉRIENCE 4.1/1 :	Tracé de la courbe intensité - potentiel d'un système rapide : système ion ferreux - ion ferrique sur électrode de platine	227
EXPÉRIENCE 4.1/2 :	Tracé de la courbe intensité-potentiel d'un système lent : système ion arsénite - ion arséniate sur électrode de platine	229
EXPÉRIENCE 4.1/3 :	Tracé de la courbe intensité-potentiel d'une électrode au calomel saturée	230
EXPÉRIENCE 4.1/4 :	Etude de l'électrolyse de l'eau en milieu acide, par voltampérométrie sur diverses électrodes tournantes	232
EXPÉRIENCE 4.1/5 :	Courbes intensité-potentiel de l'eau avec un montage simple à trois électrodes	232
EXPÉRIENCE 4.1/6 :	Courbes intensité-potentiel : paliers de diffusion	234
EXPÉRIENCE 4.1/7 :	Courbes intensité-potentiel : passivation du fer et du chrome	236
EXPÉRIENCE 4.2/1 :	Mesure de la chute ohmique entre deux points d'une solution (topographie du potentiel interne)	238
EXPÉRIENCE 4.2/2 :	Gradient de potentiel en solution : électrode bipolaire	239
EXPÉRIENCE 4.2/3 :	Potentiel de travail des électrodes	240
EXPÉRIENCE 4.2/4 :	Electrolyse du chlorure cuivrique	243
EXPÉRIENCE 4.2/5 :	Electrolyse du bromure de zinc	243
EXPÉRIENCE 4.2/6 :	Electrolyse du bromure de potassium	244
EXPÉRIENCE 4.2/7 :	Electrolyse de l'iodure de potassium	244
EXPÉRIENCE 4.2/8 :	Electrolyse du chlorure ferrique	244
EXPÉRIENCE 4.2/9 :	Electrolyse du sulfate de sodium	245
EXPÉRIENCE 4.2/10 :	Electrolyse du chlorure de sodium : étude qualitative du procédé à cathode de fer	246
EXPÉRIENCE 4.2/11 :	Electrolyse du chlorure de sodium : étude quantitative du procédé à cathode de fer	247
EXPÉRIENCE 4.2/12 :	Electrolyse du chlorure de sodium : étude qualitative du procédé à cathode de mercure	248
EXPÉRIENCE 4.2/13 :	Electrolyse du chlorure de sodium : préparation de l'eau de Javel	249
EXPÉRIENCE 4.2/14 :	Obtention de tétraoxoferrate(VI)	251
EXPÉRIENCE 4.2/15 :	Préparation de peroxodisulfate	252
EXPÉRIENCE 4.2/16 :	Electrolyse du chlorure de sodium fondu	253
EXPÉRIENCE 4.2/17 :	Préparation électrolytique d'un amalgame de cuivre	254
EXPÉRIENCE 4.2/18 :	Dépôt électrolytique de nickel sur cuivre	254
EXPÉRIENCE 4.2/19 :	Dépôt électrolytique de nickel sur cuivre	255
EXPÉRIENCE 4.2/20 :	Dépôt électrolytique d'argent sur cuivre	256
EXPÉRIENCE 4.2/21 :	Raffinage électrolytique du cuivre	256
EXPÉRIENCE 4.2/22 :	Electrolyse du chlorure stanneux	257
EXPÉRIENCE 4.2/23 :	Electrolyse de l'acétate de plomb	257
EXPÉRIENCE 4.2/24 :	Préparation électrolytique de zinc en poudre	257

## CHAPITRE E5 : PILES, ACCUMULATEURS, CORROSION

EXPÉRIENCE 5.1/1 :	Electrolyse de l'acide chlorhydrique sur électrodes de carbone	279
EXPÉRIENCE 5.1/2 :	Accumulateur au plomb	280
EXPÉRIENCE 5.1/3 :	Caractéristiques électriques et électrochimiques d'une pile Daniell	281
EXPÉRIENCE 5.1/4 :	Pile à combustible hydrogène-oxygène	285
EXPÉRIENCE 5.1/5 :	Pile à combustible eau oxygénée-méthanol	285
EXPÉRIENCE 5.2/1 :	Cinétique de l'attaque des métaux par un acide	287
EXPÉRIENCE 5.2/2 :	Corrosion de l'aluminium	287
EXPÉRIENCE 5.2/3 :	Rôle des impuretés sur la vitesse de corrosion	289
EXPÉRIENCE 5.2/4 :	Zones d'écrouissage et vitesse de corrosion	290
EXPÉRIENCE 5.2/5 :	Corrosion par aération différentielle	290
EXPÉRIENCE 5.2/6 :	Corrosion par aération différentielle	291
EXPÉRIENCE 5.2/7 :	Diagramme d'Evans	293
EXPÉRIENCE 5.2/8 :	Mesure d'un courant de corrosion dans l'approximation de Tafel	294
EXPÉRIENCE 5.2/9 :	Protection cathodique par anode sacrificielle	295
EXPÉRIENCE 5.2/10 :	Protection cathodique par anode sacrificielle	296
EXPÉRIENCE 5.2/11 :	Protection cathodique par courant imposé	296
EXPÉRIENCE 5.2/12 :	Comportement du fer dans l'acide nitrique : passivation	296
EXPÉRIENCE 5.2/13 :	Comportement du fer dans l'acide nitrique : passivation	297
EXPÉRIENCE 5.2/14 :	Anodisation de l'aluminium	298
EXPÉRIENCE 5.2/15 :	Le cœur battant	300



Françoise Brénon-Audat  
Fabienne Rafflegeau  
Danielle PrévotEAU

TP commentés

**CHIMIE  
INORGANIQUE  
ET GÉNÉRALE**

34 thèmes et 70 expériences

1<sup>re</sup> année PCSI

2<sup>e</sup> année PC

*l'intègre*

PRÉPAS SCIENTIFIQUES

DUNOD

# Table des matières par chapitre

<b>Chapitre 1</b>	<b>Généralités sur les principales méthodes instrumentales</b>	<b>1</b>
1	Potentiométrie à intensité nulle	2
1.1	Définitions	2
1.2	Principe de la potentiométrie	3
1.3	Potentiel de l'électrode indicatrice	3
1.4	Électrodes indicatrices	4
1.5	Suivi d'une réaction de dosage d'oxydoréduction	6
1.6	Suivi d'une réaction de dosage autre que d'oxydoréduction	6
2	pH-métrie	8
2.1	Électrode de verre	8
2.2	Chaîne de mesure	8
2.3	Conduite des mesures	10
3	Conductimétrie	12
3.1	Principe de fonctionnement d'un conductimètre	12
3.2	Conductance et résistance	13
3.3	Réalisation pratique des mesures	13
3.4	Définitions des grandeurs mises en jeu	15
3.5	Étude des lois de Kohlrausch	18
3.6	Suivi de réaction	19
4	Spectrophotométrie d'absorption	23
4.1	Grandeurs spectrophotométriques	24
4.2	Spectrophotomètre visible monofaisceau	26
4.3	Détermination de concentrations	27
4.4	Précision des mesures et conditions de leur réalisation	29
5	Indicateurs colorés	31
5.1	Indicateurs colorés de pH	31
5.2	Indicateurs colorés de potentiel d'oxydoréduction	33
5.3	Indicateurs de concentration d'ions. Complexation	36
6	Polarimétrie	37
6.1	Description sommaire du polarimètre de Laurent	37
6.2	Lumière reçue par l'œil	37
6.3	Réglage du polarimètre avant l'introduction d'une substance optiquement active	39



6.4	Mesure du pouvoir rotatoire d'une substance supposée dextrogyre	39
6.5	Utilisation pratique du polarimètre de Laurent	40
7	Étalonnage des réactifs utilisés lors des dosages	41
7.1	Généralités sur les étalonnages des réactifs	41
7.2	Cas des dosages mettant en jeu des réactions acido-basiques	42
7.3	Cas des dosages mettant en jeu des réactions de complexation	43
7.4	Cas des dosages mettant en jeu des réactions de précipitation	45
7.5	Cas des dosages mettant en jeu des réactions d'oxydoréduction	47
<b>Chapitre 2</b>	<b>L'acide borique</b>	<b>53</b>
1	Préparation de l'acide borique à partir du borax	54
1.1	Données	54
1.2	Principe de la préparation	54
1.3	Mode opératoire	54
2	Dosage de l'acide borique suivi simultanément par pH-métrie et conductimétrie	55
2.1	Remarque préalable	55
2.2	Mode opératoire	55
2.3	Exploitation des résultats	55
3	Recherche pour l'amélioration de la détermination du point équivalent en pH-métrie	57
3.1	Existence de complexes boriques du glycérol	57
3.2	Équilibres acido-basiques en présence de glycérol	57
3.3	Relation à la demi-équivalence	58
3.4	Recherche de la concentration optimale de glycérol étude de la courbe simulée	58
4	Dosage de l'acide borique en présence de glycérol	60
4.1	Mode opératoire	60
4.2	Exploitation des résultats	60
4.3	Étude complémentaire possible : vérification de la formule du complexe	61
<b>Chapitre 3</b>	<b>Préparation et analyse d'un complexe du cobalt : le chlorure de pentaammine chlorocobalt(III) <math>[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5] \text{Cl}_2</math></b>	<b>67</b>
1	Synthèse et purification du complexe	68
1.1	Équation-bilan	68
1.2	Synthèse du complexe	69

1.3	Purification du complexe	69
2	Spectre d'absorption UV visible	69
2.1	Objectif et protocole expérimental	69
2.2	Interprétation	70
3	Analyse du solide $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$	71
3.1	Objectifs	71
3.2	Décomposition du complexe	71
3.3	Réduction du cobalt(III) par les ions iode Dosage du diiode formé	72
3.4	Dosage pH-métrique de l'ammoniac dégagé	73
3.5	Dosage des ions chlorure libres ; détermination de la charge du complexe cationique	74
<b>Chapitre 4</b>	<b>Complexation de l'EDTA et du nickel</b>	<b>77</b>
1	Dosage pH-métrique de la solution du sel disodique d'EDTA par l'hydroxyde de sodium	79
1.1	Mode opératoire	79
1.2	Résultats expérimentaux et interprétation	79
1.3	Simulation du dosage	80
2	Dosage de la solution du sel disodique d'EDTA par l'hydroxyde de sodium en présence de nickel(II)	83
2.1	Équilibres envisagés	83
2.2	Influence de la concentration en nickel(II) sur la courbe de pH; recherche d'un mode opératoire par l'étude des courbes simulées sur le logiciel TOT	83
2.3	Mode opératoire et résultats expérimentaux	90
2.4	Variante	90
3	Détermination de la stœchiométrie du complexe nickel EDTA par spectrophotométrie	91
3.1	Mode opératoire	91
3.2	Exploitation des résultats par la méthode de Job	91
4	Dosage potentiométrique du nickel(II) par le fer(III) en présence de fer(II) et d'EDTA	94
4.1	Objectifs	94
4.2	Mode opératoire	94
4.3	Interprétation théorique de la première expérience sans nickel	95
4.4	Interprétation théorique de la deuxième expérience avec le nickel	98
4.5	Confrontation avec les courbes expérimentales et conclusion	101
5	Dosage volumétrique du nickel(II) par l'EDTA en présence d'un indicateur coloré	102

5.1	Principe	102
5.2	Mode opératoire et résultats	103
<b>Chapitre 5</b>	<b>Solubilité et produit de solubilité du sulfate de calcium</b>	<b>105</b>
1	Mesures conductimétriques	108
1.1	Objectif	108
1.2	Expériences	108
1.3	Résultats expérimentaux	108
2	Exploitation des résultats des mesures conductimétriques	109
2.1	Détermination de la concentration des ions $\text{Ca}^{2+}$ et $\text{SO}_4^{2-}$	109
2.2	Détermination du produit de solubilité, $K_s$ , du sulfate de calcium	111
2.3	Détermination de la solubilité du sulfate de calcium	112
2.4	Conclusion	115
3	Dosage des ions calcium par passage sur une résine échangeuse d'ions	115
3.1	Mode opératoire	115
3.2	Résultats et exploitation	116
3.3	Comparaison aux valeurs tabulées et aux résultats obtenus par conductimétrie	117
3.4	Commentaire sur un éventuel calcul du produit de solubilité	117
4	Dosage complexométrique des ions calcium par l'EDTA	117
4.1	Principe	117
4.2	Mode opératoire	118
4.3	Résultats expérimentaux	119
4.4	Comparaison aux valeurs tabulées et aux autres résultats expérimentaux	119
5	Dosage des ions calcium par l'EDTA, en présence de mercure (II)	119
5.1	Protocole opératoire	119
5.2	Interprétation	120
<b>Chapitre 6</b>	<b>Expériences sur les piles</b>	<b>123</b>
1	Étude de la pile $\text{Pt}   \text{Fe}_{\text{aq}}^{3+}, \text{Fe}_{\text{aq}}^{2+} :: \text{Ag}^+   \text{Ag}$	125
1.1	Réalisation de la pile	125
1.2	Détermination du potentiel standard du couple $\text{Fe(III)/Fe(II)}$ en milieu sulfurique	125
1.3	Possibilité de changement de polarité	126
1.4	Influence de la complexation des ions du fer sur la valeur de la f.e.m.	128



<b>2</b>	<b>Étude d'une pile de concentration</b>	
	Détermination d'un $pK_s$	129
<b>2.1</b>	Mode opératoire et résultats expérimentaux	129
<b>2.2</b>	Détermination du produit de solubilité du chlorure d'argent	129
<b>3</b>	<b>Influence de la température sur le f.e.m. de la pile</b>	
	$Zn   Zn^{2+} :: Fe(CN)_6^{3-}, Fe(CN)_6^{4-}   Pt$	
	Détermination de grandeurs thermodynamiques	130
<b>3.1</b>	Mode opératoire et résultats expérimentaux	130
<b>3.2</b>	Interprétation et détermination de grandeurs de réaction	131
<b>4</b>	<b>Détermination du potentiel du couple <math>Na_{aq}^+/Na_s</math></b>	<b>133</b>
<b>4.1</b>	Introduction	133
<b>4.2</b>	Mode opératoire et résultats expérimentaux	133
<b>4.3</b>	Interprétation	136
<b>Chapitre 7</b>	<b>Expériences en solvants non aqueux</b>	<b>139</b>
<b>1</b>	<b>Notions de solvation nécessaires à la compréhension des expériences</b>	<b>142</b>
<b>1.1</b>	Définitions	142
<b>1.2</b>	Caractères ionisant et dispersant des solvants polaires	143
<b>1.3</b>	Solvolyse des acides et des bases dans un solvant amphiprotique	145
<b>2</b>	<b>Dosages acido-basiques en milieu acide acétique</b>	<b>145</b>
<b>2.1</b>	Précautions de manipulation	145
<b>2.2</b>	Dosage de l'acide perchlorique par l'hydrogénophthalate de potassium, en milieu acide acétique	147
<b>2.3</b>	Dosages des acides bromhydrique et chlorhydrique en milieu acide acétique	149
<b>2.4</b>	Dosage de la pyridine dans l'acide acétique	151
<b>3</b>	<b>Réactions dans l'éthanol : solubilité du chlorure d'ammonium</b>	<b>152</b>
<b>3.1</b>	Objectif	152
<b>3.2</b>	Préparation des solutions	153
<b>3.3</b>	Protocole expérimental	153
<b>3.4</b>	Résultats et interprétation	154
<b>Chapitre 8</b>	<b>Expériences sur des composés d'intérêt biologique</b>	<b>161</b>
<b>1</b>	<b>Étude cinétique de la mutarotation du glucose</b>	<b>163</b>
<b>1.1</b>	Mutarotation du glucose : équation-bilan	163
<b>1.2</b>	Protocole opératoire	165
<b>1.3</b>	Interprétation	167
<b>2</b>	<b>Inversion du saccharose</b>	<b>170</b>



2.1	Équation-bilan	170
2.2	Tests qualitatifs mettant en évidence l'hydrolyse du saccharose	171
2.3	Étude cinétique de l'inversion du saccharose	172
3	Dosage des oses réducteurs d'un jus d'orange	175
3.1	Mode opératoire	175
3.2	Interprétation et résultats expérimentaux	176
4	Dosage de la glycine	180
4.1	Données théoriques	180
4.2	Objectifs	180
4.3	Mode opératoire	181
4.4	Résultats et interprétation	181
<b>Chapitre 9</b>	<b>Mise en évidence expérimentale de la cinétique de l'oxydoréduction à une électrode : tracé de courbes intensité de courant-potentiel</b>	<b>189</b>
1	Réalisation du montage	190
1.1	Schéma du montage	190
1.2	Remarques pratiques	191
1.3	Conventions de tracé	191
2	Tracés de courbes $i = f(E)$ . Exemples de système rapide et de système lent	192
2.1	Notions sur la cinétique de l'oxydoréduction à une électrode	192
2.2	Étude du système Fe(III)/Fe(II) sur une électrode de platine	194
2.3	Étude du couple $H_{aq}^+/H_2$ sur diverses électrodes	196
3	Étude du domaine d'électronégativité dans l'eau	199
3.1	Étude du système $O_2/H_2O$ sur platine; mode opératoire	199
3.2	Résultats et interprétation	199
3.3	Domaine d'électroactivité dans l'eau	199
4	Application des courbes $i = f(E)$ à un procédé industriel : électrolyse du chlorure de sodium	201
4.1	Mode opératoire	201
4.2	Résultats et interprétation	201
4.3	Conclusion sur le choix du procédé industriel	204
4.4	Manipulations démonstratives pour l'électrolyse de solutions aqueuses de chlorure de sodium	206
<b>Chapitre 10</b>	<b>Expériences sur les différents degrés d'oxydation du manganèse</b>	<b>209</b>
1	Degré d'oxydation 0 : obtention du manganèse métallique	213

1.1	Expérience d'aluminothermie	213
1.2	Obtention du manganèse par électrolyse	213
2	Degrés d'oxydation II et III	214
2.1	Tests qualitatifs	214
2.2	Précipitation de l'acétylacétonate de manganèse(III)	215
2.3	Complexation en présence de pyrophosphate de potassium	216
3	Degré d'oxydation IV : dioxyde de manganèse	217
3.1	Tests qualitatifs	217
3.2	Fabrication d'une pile du type Leclanché	219
4	Degré d'oxydation VII	220
4.1	Tests qualitatifs	220
4.2	Obtention du dichlore au laboratoire	221
4.3	Obtention du permanganate de potassium par électrolyse	222
4.4	Cinétique de l'oxydation des ions méthanoate par le permanganate de potassium	223
<b>Chapitre 11</b>	<b>Spectrophotométrie</b>	<b>227</b>
1	Étude d'un mélange de dichromate et de permanganate de potassium	228
1.1	Protocole expérimental	229
1.2	Résultats expérimentaux	229
1.3	Interprétation	230
1.4	Conclusion	231
2	Étude du violet cristallisé [2]	232
2.1	La molécule de violet cristallisé	232
2.2	Vérification de la loi de Beer-Lambert pour des solutions de violet cristallisé	233
2.3	Étude cinétique de la transformation du violet cristallisé en milieu basique	235
3	Analyse d'un alliage ferro-manganèse	239
3.1	Traitement de l'alliage	239
3.2	Analyse du manganèse présent dans l'alliage	240
3.3	Analyse du fer présent dans l'alliage	243
4	Dosage de l'élément fer dans un vin blanc	246
4.1	Principe	246
4.2	Mode opératoire	247
<b>Chapitre 12</b>	<b>Dosages d'halogénures</b>	<b>249</b>
1	Dosage colorimétrique des ions chlorure par argentimétrie	251

1.1	Méthode de Mohr	251
1.2	Méthode de Charpentier Volhard	253
2	Dosage conductimétrique des ions chlorure par les ions argent	257
2.1	Protocole expérimental	257
2.2	Résultats expérimentaux	257
2.3	Interprétation	257
3	Dosage potentiométrique des ions chlorure par les ions argent	259
3.1	Protocole expérimental	259
3.2	Interprétation de la courbe de dosage	259
3.3	Exploitation de la courbe potentiométrique par la méthode de Gran	262
3.4	Variante	264
4	Dosage potentiométrique d'un mélange d'iodure et de chlorure de potassium par du nitrate d'argent	264
4.1	Remarques concernant les produits de solubilité	264
4.2	Présentation de l'expérience	264
4.3	Protocole opératoire	265
4.4	Interprétation	265
4.5	Résultats expérimentaux	268
4.6	Variante : dosage d'un mélange d'ions bromure et chlorure	271
<b>Chapitre 13</b>	<b>Acide phosphorique</b>	<b>273</b>
1	Dosage pH-métrique de l'acide phosphorique par une solution d'hydroxyde de sodium	274
1.1	Protocole opératoire	274
1.2	Résultats et interprétation	275
1.3	Cas où le dosage est réalisé avec de la soude carbonatée	278
1.4	Dosage de l'acide phosphorique dans le Coca-Cola	280
2	Dosage de l'acide phosphorique en présence d'ions argent	282
2.1	Protocole opératoire	282
2.2	Résultats expérimentaux et interprétation	282
2.3	Simulation réalisée avec le logiciel SIMULTIT	283
2.4	Interprétation de la courbe de dosage	285
2.5	Influence de la quantité de nitrate d'argent introduite	287
3	Étude d'un mélange tampon	289
3.1	Protocole opératoire	289
3.2	Interprétation et résultats expérimentaux	289
<b>Index</b>		<b>293</b>



COLLECTION MÉTHODES

CHIMIE  
INORGANIQUE  
EXPÉRIMENTALE

QUARANTE MANIPULATIONS

VINCENT ARTERO  
OLIVIER BOUVRY

1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycle  
CAPES / Agrégation

CHIMIE

  
HERMANN



## SOMMAIRE

<b>Avant Propos</b>	v
<b>Avertissement</b>	vii
<b>Chapitre I Introduction</b>	<b>1</b>
I.1 Une réaction historique : la synthèse de l'urée	2
<b>Chapitre II Structures des complexes de coordination</b>	<b>5</b>
<b>A. Stoechiométrie et stabilité</b>	
II.1 Détermination de la stoechiométrie d'un complexe par la méthode de Job	7
II.2 Détermination spectrophotométrique de la formation du complexe $[\text{Fe}(\text{SCN})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$	11
II.3 Détermination potentiométrique de la stoechiométrie et de la constante globale de formation du complexe diammineargent(I)	15
II.4 Détermination potentiométrique des constantes de formation successives de $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_n(\text{H}_2\text{O})_{6-n}]^{2+}$ ( $n = 1$ à $4$ ) par la méthode de Bjerrum	19
<b>B. Description de la structure électronique des complexes</b>	
II.5 L'effet Jahn-Teller : synthèse et caractérisation d'un complexe du titane(III)	25
II.6 Notion de champ cristallin moyen : étude spectroscopique de complexes du cuivre(II)	31
II.7 Stabilité des complexes de la 1ère série de transition : établissement de la série d'Irwing-Williams	36
II.8 Série spectrochimique : étude spectroscopique de complexes du chrome(III)	41

<b>C. Stéréochimie et isomérisation</b>		
II.9	Comparaison des spectres UV-visible de complexes octaédrique et tétraédrique du nickel(II)	52
II.10	L'effet chélate : synthèse du complexe $[\text{Fe}(\text{Hedta})(\text{H}_2\text{O})]$	58
II.11	Étude infrarouge du mode de liaison d'un ligand ambidentate : le diméthylsulfoxyde	62
II.12	Étude infrarouge des stéréoisomères cis et trans de $[\text{SnCl}_4(\text{dmf})_2]$	69
II.13	Résolution des stéréo-isomères optiques d'un complexe du cobalt(III)	76
<b>Chapitre III Réactivité des complexes</b>		<b>83</b>
<b>A. Réactions de substitution</b>		
III.1	Substitution d'un ligand aquo par l'ion thiocyanate dans le complexe $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{H}_2\text{O})]^{3+}$	84
III.2	L'effet trans : synthèse du cisplatine cis- $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ , agent anticancéreux	89
III.3	Synthèse et hydrolyse acide du complexe carbonato $[\text{Co}(\text{CO}_3)(\text{NH}_3)_4]^+$	96
<b>B. Réactions des ligands coordonnés</b>		
III.4	Substitution électrophile pseudo-aromatique sur le complexe $[\text{Co}(\text{acac})_3]$	99
III.5	Activation des ligands oxo de complexes de molybdène(VI)	105
III.6	Synthèse de complexes hydrazido et diazénido du molybdène(VI)	109
III.7	Synthèse et caractérisation infrarouge de polyoxomolybdates	113
<b>C. Réactions d'oxydoréduction</b>		
III.8	Étude voltampérométrique de l'effet de la complexation sur le potentiel standard apparent d'ions métalliques	118
III.9	Étude polarographique de la stabilisation du cuivre(I) en milieu ammoniacal	122
III.10	L'acétate de chrome, ou la stabilisation du chrome(II) par complexation et formation d'une liaison métal-métal	130
III.11	Phénomène d'oxydoréduction interne : rôle catalytique du cobalt dans l'oxydation du sel de Seignette par l'eau oxygénée	135

Chap

Chap

Index  
Index

	III.12 Photocatalyse rédox et chimiluminescence d'un complexe de ruthénium	140
--	--	-----

	<b>Chapitre IV Chimie organométallique</b>	<b>149</b>
--	--	------------

	IV.1 Synthèse, caractérisation et réactivité d'un complexe d'oléfine du palladium(II)	150
	IV.2 Synthèse et caractérisation d'un complexe cyclopentadiényle du ruthénium(II)	155
	IV.3 Synthèse et caractérisation d'un complexe hydrure du ruthénium(II)	159
	IV.4 Synthèse et caractérisation d'un complexe arène du molybdène(0)	164
	IV.5 Synthèse d'un complexe carbénique et son application en catalyse	169

	<b>Chapitre V Ligands macrocycliques et chimie bio-inorganique</b>	<b>176</b>
--	--	------------

	V.1 Réaction de $PPh_3$ sur un oxo-complexe de molybdène(VI) : vers la modélisation des oxo-transférases molybdiques	177
	V.2 Synthèse d'un complexe diazote du fer(II), composé modèle du site actif des nitrogénases	182
	V.3 Synthèse d'un complexe du cobalt fixant le dioxygène	188
	V.4 Les cobaloximes, composés modèles de la vitamine B <sub>12</sub> et de la coenzyme B <sub>12</sub>	194
	V.5 Synthèse d'une porphyrine de fer, composé modèle des hémoprotéines	202
	V.6 Synthèse d'un complexe macrocyclique de l'ion oxonium	212
	V.7 Synthèse d'un complexe « cage » du cobalt par effet template	218
	V.8 Synthèse et caractérisation d'un système host-guest	223
	V.9 Transmétallation binucléaire dans un système macrocyclique.	226

	<b>Index des produits</b>	<b>231</b>
	<b>Index général</b>	<b>235</b>



Danielle Cachau-Herreillat

# Des expériences de la famille Acide-Base

Réussir, exploiter et commenter  
50 manipulations de chimie

2<sup>e</sup> édition | Préface de Marc Laffitte

**CAPES**

FICHES PRATIQUES

CAPES de physique-chimie



de boeck



## XIV Des expériences de la famille Acide-Base

<b>2 B Les outils de la famille Acide-Base</b> .....	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
<b>Chapitre 3 Une sélection de manipulations</b> .....	81
<b>3 A Matériel de base</b> .....	82
<b>3 B Prérequis, étalonnage de solutions de référence</b> .....	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
<b>3 C Réactions qualitatives</b> .....	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 $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Al}^{3+}$ (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), $\text{CuO}$ (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, $\text{CaCO}_3$ , (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), $\text{FeS}$ , (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 $\text{HCO}_3^-$	116
3 C.11 Séparation par extraction de composés acide ( $\text{PhCO}_2\text{H}$ ), basique ( $\text{PhNH}_2$ ) et neutre ( $\text{PhCOCH}_3$ )	118
3 C.12 Caractérisation des ions (tableau de synthèse)	124
<b>3 D Détermination de grandeurs thermodynamiques</b> .....	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 $\text{p}K_i$ 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 $[\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{(3-n)}$ (spectrophotométrie)	151
3 D.7 Détermination de la stœchiométrie et de la constante de formation du complexe $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (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

..... 63	<b>3 E Solutions tampons de pH</b> .....	170
	→ notions de solution tampon, de pouvoir tampon	
64	3 E.1 Étude du tampon acide benzoïque/benzoate de sodium	171
65	3 E.2 Étude du tampon $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ et du pseudo-tampon $\text{HCO}_3^-$	175
68	3 E.3 Oxydation des ions méthanoate par $\text{KMnO}_4$ (spectrophotométrie)	178
70		
71	<b>3 F Quelques dosages</b> .....	186
72	→ dosages « académiques »	
75	3 F.1 Dosage en retour du benzoate d'éthyle	187
79	3 F.2 Dosage de l'acide phosphorique (calorimétrie)	190
	3 F.3 Dosage de l'acide sulfurique (conductimétrie)	194
..... 81	3 F.4 Dosage d'acides en milieu acétique : rôle du solvant sur la force d'un acide (calorimétrie)	202
..... 82	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
..... 83	3 F.7 Dosage des ions $\text{Cu}^{2+}$ par complexométrie	
	(1) choisir un tampon approprié (spectrophotométrie)	221
84	3 F.8 Dosage des ions $\text{Cu}^{2+}$ par complexométrie	
	(2) colorimétrie et spectrophotométrie	229
87	3 F.9 Dosage des ions $\text{Cl}^-$ par les ions $\text{Ag}^+$ (méthode de Charpentier-Vohlard et conductimétrie)	234
	→ dosages de produits de la vie courante	
..... 92	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
93	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
96	3 F.14 Dosage des ions $\text{Ca}^{2+}$ et $\text{Mg}^{2+}$ 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
98	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
101	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
104	3 F.20 Dosage de l'acide lactique dans le lait : lait frais et lactosérum du lait caillé	277
106	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
108	3 F.23 Mesure de la basicité du DesTop® (conductimétrie)	291
112	3 F.24 Dosage de l'ammoniac du DesTop® (méthode de RONCHÈSE)	296
114		
	<b>Chapitre 4 L'outil informatique... Comment faire ?</b> .....	301
116	4.1 Simulation de courbes à l'aide du logiciel Simultit®	302
	4.2 Simulation de courbes à l'aide du logiciel Simulwin®	304
118	4.3 Acquisition par l'intermédiaire d'une seule interface RS232 et de Regressi-RS232®	308
124	4.4 Acquisition par l'intermédiaire de deux interfaces RS232 et de SynchroChim®	310
	4.5 Traitement informatisé des données à l'aide du logiciel Regressi®	312
.... 128	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
129		
132		
137	<b>Annexes</b> .....	325
	1 Solutions commerciales courantes	325
141	2 Quelques substances étalons en acidimétrie	325
145	3 Indicateurs colorés	326
	4 $pK_A$ relatifs à quelques acides minéraux (à 298 K, $I = 0$ )	327
151	5 $pK_A$ relatifs à quelques acides organiques (à 298 K, $I = 0$ )	328
	6 $pK_A$ relatifs à quelques acides $\alpha$ -aminés	329
160	7 Préparation de solutions tampons de pH	330
	8 Conductivités équivalentes de quelques ions $\lambda^0$ ( $\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$ )	332
165	9 Solutions pour l'étalonnage d'un conductimètre ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	332
168		



Danielle Cachau-Herreillat

# Des expériences de la famille Réd-Ox

Réussir, exploiter et commenter  
81 manipulations de chimie

2<sup>e</sup> édition

Préface de Marc Laffitte

**FICHES PRATIQUES**

**LMD**

CAPES, Licence et Master  
de chimie



de boeck

## XII Des expériences de la famille Red-Ox

<b>2 B. Les outils de la famille Red-Ox .....</b>	<b>95</b>	<b>3 D.</b>
2 B.1 Choisir les électrodes de référence et de mesure	96	3 D.
2 B.2 Réaliser une pile	100	3 D.
2 B.3 Réaliser une électrolyse	102	3 D.
2 B.4 Réaliser un titrage potentiométrique	103	3 D.
2 B.5 Réaliser un titrage par manganimétrie	104	3 D.
2 B.6 Réaliser un titrage par iodométrie	109	3 D.
2 B.7 Réaliser un titrage par cériométrie	112	3 D.
2 B.8 Indicateurs colorés de fin de réaction d'oxydoréduction	113	3 D.
<b>Chapitre 3. Une sélection de manipulations .....</b>	<b>115</b>	<b>3 D.</b>
<b>3 A. Matériel de base .....</b>	<b>116</b>	<b>3 D.</b>
<b>3 B. Prérequis, étalonnage de solutions de référence .....</b>	<b>117</b>	<b>3 D.</b>
3 B.1 Étalonage d'une solution de permanganate de potassium, $\text{KMnO}_4$ , par une solution d'acide oxalique $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ICFR <sup>1</sup> )	118	3 D.
3 B.2 Étalonage d'une solution de permanganate de potassium, $\text{KMnO}_4$ , par une solution de sel de Mohr, $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (potentiométrie)	121	3 D.
3 B.3 Étalonage d'une solution de thiosulfate de sodium, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , par une solution d'iodate de potassium, $\text{KIO}_3$ (ICFR)	127	3 D.
3 B.4 Étalonage d'une solution de diiode par une solution thiosulfate de sodium, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (ICFR)	129	3 D.
3 B.5 Étalonage d'une solution de sulfate de cérium(IV), $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ , par une solution de sel de Mohr (potentiométrie, ICFR)	131	3 D.
3 B.6 Étalonage d'une solution de nitrate d'argent par une solution de chlorure de potassium (méthode de Mohr)	134	3 D.
<b>3 C. Réactions qualitatives .....</b>	<b>137</b>	<b>3 D.</b>
3 C.1 Combustion dans l'oxygène : carbone, cuivre, fer, (magnésium)	138	3 D.
3 C.2 Propriétés de l'élément soufre à différents degrés d'oxydation	141	3 D.
3 C.3 Stabilité relative des halogènes et des halogénures	146	3 D.
3 C.4 Propriétés de l'élément iode à différents degrés d'oxydation	149	
3 C.5 Propriétés de l'élément manganèse à différents degrés d'oxydation	151	3 D.
3 C.6 Un autre « caméléon chimique » : métramutation du manganèse aux d. o. IV et VII	158	
3 C.7 Propriétés de l'élément fer à différents degrés d'oxydation	161	3 D.
3 C.8 Corrosion du fer : comment se fait-elle ?	166	
3 C.9 Corrosion du fer : comment l'éviter (1) ? Protection cathodique par anode sacrificielle	171	3 E.
3 C.10 Corrosion du fer, comment l'éviter (2) ? Protection cathodique par courant imposé	174	3 E.
3 C.11 Corrosion du fer, comment l'éviter (3) ? Dépôts électrolytiques	176	3 E.
3 C.12 Corrosion du fer, quand le mal est fait... ou comment jouer les archéologues	180	
3 C.13 Anodisation de l'aluminium	182	3 E.
3 C.14 Influence de la température sur le potentiel d'une électrode	185	3 E.
3 C.15 Action des ions $\text{H}^+(\text{aq})$ , sur les métaux	187	
3 C.16 Action d'une solution de cation métallique sur un métal	190	3 F.
3 C.17 Électrolyse d'une solution de bromure de cuivre(II), $\text{CuBr}_2$	194	3 F.
3 C.18 Électrolyse d'une solution de chlorure d'étain(II), $\text{SnCl}_2$	197	3 F.
3 C.19 Électrolyse d'une solution de sulfate de manganèse : obtention de manganèse métallique	200	3 F.
3 C.20 Électrolyse d'une solution de sulfate de sodium : « le papillon bleu »	202	3 F.
3 C.21 Iodométrie et « encre sympathique »	204	3 F.
3 C.22 Le « Corrector® », un effaceur disparu...	206	3 F.
3 C.23 Caractérisation des ions (tableau de synthèse)	208	3 F.

<sup>1</sup> Indicateur Coloré de Fin de Réaction. Voir *Avertissement*.



<b>3 D. Déterminations de grandeurs thermodynamiques .....</b>	<b>212</b>
3 D.1 Détermination de l'enthalpie de la réaction : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Zn}_{(\text{s})} = \text{Cu}_{(\text{s})} + \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$ (calorimétrie)	213
3 D.2 Détermination indirecte de l'enthalpie de la réaction : $\text{Mg}_{(\text{s})} + 1/2 \text{O}_{2(\text{g})} = \text{MgO}_{(\text{s})}$ (calorimétrie)	216
3 D.3 Détermination de potentiels d'électrode de référence	219
3 D.4 Détermination de la f.é.m. de quelques piles	222
3 D.5 Vérification de la loi de NERNST : couples $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ et $\text{Ag}^+ / \text{Ag}$	227
3 D.6 Influence du pH sur le potentiel d'électrode du couple fer(III)/fer(II), diagramme $E = f(\text{pH})$	232
3 D.7 Influence de la complexation sur le potentiel d'électrode du couple rédox $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	236
3 D.8 Pile de concentration : influence de la précipitation sur le potentiel d'électrode du couple $\text{Ag}^+/\text{Ag}$	240
3 D.9 Étude de la pile DANIELL : réactions aux électrodes, résistance interne	243
3 D.10 Tracé des courbes $i = f(V)$ relatives aux couples redox de l'eau	248
3 D.11 Influence de la nature de l'électrolyte support sur le tracé des courbes $i = f(V)$ relatives aux couples rédox de l'eau	252
3 D.12 Tracé des courbes $i = f(V)$ pour un système rapide ( $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ )	256
3 D.13 Courbes $i = f(V)$ : existence d'un courant limite de diffusion (couple $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ sur électrode de platine)	258
3 D.14 Courbes $i = f(V)$ : existence d'un courant limite de diffusion (couple $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]^{4-}$ sur électrode de platine)	264
3 D.15 Potentiel de FLADE du fer	268
3 D.16 Diagramme d'EVANS relatif au système Fe / Zn en milieu corrosif	271
3 D.17 Détermination du volume molaire d'un gaz : électrolyse de solutions de $\text{CuSO}_4$ , $\text{NaOH}$ ou $\text{H}_2\text{SO}_4$	274
3 D.18 Électrolyse d'une solution de sulfate de zinc, $\text{ZnSO}_4$ (rendement faradique)	278
3 D.19 Étude de la réaction autocatalysée entre $\text{MnO}_4^-$ et $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	282
3 D.20 Cinétique d'oxydation des ions iodure par le peroxyde d'hydrogène	285
3 D.21 Étude spectrophotométrique de la réaction d'oxydation des ions iodure par le peroxyde d'hydrogène	289
3 D.22 Influence de la température sur la vitesse de la réaction d'oxydation des ions iodure par le peroxyde d'hydrogène	297
3 D.23 Vérification de la stœchiométrie de l'oxalate de fer(II) (potentiométrie)	300
3 D.24 Vérification de la stœchiométrie de l'ion diammineargent (potentiométrie)	308
3 D.25 Vérification de la stœchiométrie de l'iodure de plomb(II)	313
3 D.26 Détermination du produit de solubilité de l'iodure de plomb(II) (conductimétrie et spectrophotométrie)	317
3 D.27 Détermination du produit de solubilité de l'iodate de calcium (conductimétrie, iodométrie et complexométrie)	325
3 D.28 Justification de la méthode de MOHR pour le dosage des ions chlorure (potentiométrie)	330
<b>3 E. Synthèses et oxydoréduction .....</b>	<b>336</b>
3 E.1 Synthèse de « l'eau de Javel » (électrolyse)	337
3 E.2 Synthèse du dichlore (électrolyse, oxydation de solutions de chlorure d'hydrogène par les ions permanganate)	340
3 E.3 Synthèse du permanganate de potassium (électrolyse)	343
3 E.4 Synthèse du sulfate de cuivre pentahydraté (oxydation du cuivre par l'acide nitrique, $\text{HNO}_3$ )	346
<b>3 F. Quelques titrages .....</b>	<b>350</b>
3 F.1 Titration d'un acide « fort » par iodométrie	351
3 F.2 Titration d'un mélange d'halogénures (potentiométrie)	353
3 F.3 Titration du cuivre (iodométrie, spectrophotométrie)	360
3 F.4 Titration du manganèse après oxydation par le périodate de potassium	365
3 F.5 Dosage du fer(II) dans l'oxalate de fer : complexe $[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{o-phen})_3]^{2+}$ (spectrophotométrie)	369
3 F.6 Dosage du fer(II) dans l'oxalate de fer après oxydation en fer(III) : complexe $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{SCN})]^{2+}$ (spectrophotométrie)	373
3 F.7 Dosage du fer(II) dans l'oxalate de fer après oxydation en fer(III) : complexe $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{AS})]^{+}$ (spectrophotométrie)	378

#### XIV Des expériences de la famille Red-Ox

3 F.8	Dosage du fer(II) dans l'oxalate de fer après oxydation en fer(III) : complexation par l'edta en présence d'acide salicylique (spectrophotométrie)	383
3 F.9	Titration du peroxyde d'hydrogène (manganimétrie)	388
3 F.10	Titration des ions hypochlorite, $\text{ClO}^-$ , contenus dans un désinfectant : solution de Dakin®, « eau de Javel » (ICFR)	391
3 F.11	Titration des ions $\text{MnO}_4^-$ contenus dans une solution de Dakin®, (spectrophotométrie)	395
3 F.12	Titration de l'iode contenu dans une solution de Bétadine®, (iodométrie)	399
3 F.13	Titration de la vitamine C dans un comprimé de Vitascorbol®, (iodométrie, ICFR)	401
3 F.14	Titration des ions chlorure dans le sérum physiologique (potentiométrie, méthode de MOHR)	404
3 F.15	Titration des ions chlorure dans le sérum physiologique (méthode de FAJANS : utilisation d'un indicateur par adsorption)	409
3 F.16	Titration du dioxygène dissous dans l'eau du réseau	413
3 F.17	Titration des ions chlorure dans une eau minérale (potentiométrie, méthode de GRAN)	419
3 F.18	Titration des sucres dans une boisson de réhydratation (spectrophotométrie)	424
3 F.19	Extraction et titration de l'acide oxalique dans l'oseille des jardins	431
3 F.20	Titration des ions fer(II) dans un antimousse de jardin, (potentiométrie, ICFR)	435
<b>Chapitre 4. L'outil informatique ... comment faire .....</b>		<b>439</b>
4.1	Simulation de courbes à l'aide du logiciel Excel®	440
4.2	Acquisition par l'intermédiaire d'une seule interface RS232 et de Regressi RS232®	446
4.3	Acquisition par l'intermédiaire de deux interfaces RS232 et de SynchroChim®	448
4.4	Acquisition par l'intermédiaire de l'interface Orphy® pilotée par le logiciel GTI®	450
4.5	Traitement informatisé des données à l'aide du logiciel Regressi®	452
4.6	Traitement informatisé des données à l'aide du logiciel Excel®	460
4.7	Mode de communication appareil - ordinateur à travers l'interface RS232	464
<b>Annexes .....</b>		<b>465</b>
1	Solutions commerciales courantes	465
2	Quelques substances étalons en oxydoréduction	466
3	Indicateurs colorés de potentiel	467
4	Électronégativité et nombres d'oxydation des éléments	468
5	Diagrammes de LATTIMER simplifiés pour quelques éléments rencontrés dans cet ouvrage	472
6	$E^0$ relatifs à quelques couples rédox minéraux	475
7	$E^0$ relatifs à quelques couples rédox organiques	476
8	Conductivités équivalentes de quelques ions ( $\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$ )	476
9	Solutions pour l'étalonnage d'un conductimètre	477
10	Valeur de quelques produits de solubilité (à 298 K, sous $1,013 \cdot 10^5$ Pa)	478
11	Constantes de stabilité de quelques complexes	479
12	Éléments de colorimétrie	480
13	Quelques molécules du domaine de la biochimie	481
14	Formules de quelques indicateurs colorés	483
15	Code des couleurs sur les bouteilles de gaz	484
16	Sécurité : nature des risques (phrases R) et conseils de sécurité (phrases S)	
17	Sécurité : nature des risques, phrases H, pour « hazard », danger et conseils de sécurité, phrases P, pour « prudence »	492
18	Sécurité : cas des produits « dangereux » utilisés dans cet ouvrage	498
<b>Bibliographie .....</b>		<b>503</b>
<b>Glossaire .....</b>		<b>507</b>
<b>Index .....</b>		<b>515</b>



Florence et Jérôme Girard

# Chimie inorganique et générale : des expériences pour mieux comprendre !

LMD

EXPÉRIENCES ET  
QUESTIONS-RÉPONSES

Licence de chimie, IUT, BTS,  
classes préparatoires, CAPES  
et Agrégations



de boeck  
supérieur

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> .....	<b>V</b>
<b>Chapitre 1 – Le cuivre</b> .....	<b>1</b>
1.1 Synthèse et analyse d'un complexe de cuivre(II) : $K_a[Cu(C_2O_4)_b]$ , $cH_2O$ ..	3
1.2 Synthèse d'un complexe solvatochromique de cuivre(II) : $Cu(acac)_2$ .....	9
1.3 Précipitations de l'hydroxyde de cuivre(II) ( $Cu(OH)_2$ ) et de la brochantite ( $Cu_4(OH)_6SO_4$ ) .....	17
1.4 Synthèse d'un complexe thermochromique de cuivre(II) : $[(C_2H_5)_2NH_2]_2CuCl_4$ .....	27
1.5 Synthèse et analyse de l'oxyde de cuivre(I) : $Cu_2O$ .....	34
1.6 Synthèse d'un complexe thermochromique de cuivre(I) : $Cu_2HgI_4$ .....	40
1.7 Etude du caractère acide de l'ion $Cu_{(aq)}^{2+}$ .....	45
1.8 Transformation du cuivre en « argent » et en « or » .....	49
1.9 Corrosion et protection de quelques métaux .....	55
1.10 Etude d'une pile Daniell .....	64
<b>Chapitre 2 – 1,10-phénanthroline</b> .....	<b>75</b>
2.1 Etude du caractère basique de la 1,10-phénanthroline .....	77
2.2 Détermination de la stœchiométrie du complexe $Fe^{2+}$ – orthophénanthroline par la méthode de Job (spectrocolorimétrie) .....	81
2.3 Détermination de la constante de formation globale de l'ion $[Fe(phen)_3]^{2+}$ ( $\beta_3$ ) .....	88
2.4 Etude cinétique de la décomposition de l'ion complexe $[Fe(phen)_3]^{2+}$ en milieu acide .....	93
2.5 Etude cinétique de la formation de l'ion complexe $[Fe(phen)_3]^{2+}$ .....	101
2.6 Dosage rédox d'un mélange d'ions $Fe^{2+}$ et $Co^{2+}$ . Influence de la présence d'orthophénanthroline .....	110
2.7 Synthèse et dédoublement d'un complexe de nickel chiral .....	118



<b>Chapitre 3 – Cinétique .....</b>	<b>127</b>
3.1 Méthodes mathématiques d'exploitation de résultats expérimentaux obtenus en cinétique pour des réactions totales.....	129
3.2 Etude cinétique de la décoloration de la phénolphthaléine en milieu basique.....	136
3.3 Etude cinétique de l'hydrolyse du vert malachite en milieu basique.....	150
3.4 Etude cinétique de l'hydrolyse du vert malachite en milieu acide.....	157
3.5 Etude de la cinétique de saponification de l'acétate d'éthyle .....	168
3.6 Iodation de l'acétone : étude cinétique de la catalyse acido-basique....	177
3.7 Etude cinétique de l'hydrolyse du chlorure de diphénylméthane. Effet d'ion commun. ....	188
3.8 Etude cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée .....	200
3.9 Influence de la force ionique sur la vitesse de la réaction de réduction de l'ion hexacyanoferrate(III) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ par l'acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ . ....	211
3.10 Etude cinétique de réactions de substitutions de ligands sur le chlorure de pentaminechlorocobalt(III) $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$ .....	225
<b>Chapitre 4 – Thermodynamique .....</b>	<b>241</b>
4.1 Détermination de constantes d'équilibre par conductimétrie.....	243
4.2 Influence de la force ionique sur le produit de solubilité apparent de l'iodate de calcium $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2(\text{s})$ .....	253
4.3 Détermination de la stœchiométrie et de la constante de formation du complexe $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_n]^{1-2n}$ .....	259
4.4 Influence de la force ionique sur le $\text{pK}_a$ d'un indicateur coloré : le vert de bromocrésol .....	263
4.5 Etude de l'équilibre estérification-hydrolyse .....	272
4.6 Détermination de l'enthalpie de réaction de la dismutation de l'eau oxygénée.....	281
4.7 Influence de la force ionique sur la position des équilibres : mise en évidence par des changements de couleurs.....	286
<b>Chapitre 5 – Etude des binaires.....</b>	<b>299</b>
5.1 Rappels théoriques : détermination des grandeurs molaires partielles par la méthode des tangentes .....	301
5.2 Détermination des volumes molaires partiels pour des mélanges eau/éthanol .....	305

5.3 Détermination des enthalpies molaires partielles de mélange pour des mélanges eau/éthane-1,2-diol .....	314
5.4 Tracé du diagramme de phases solide-liquide isobare du mélange binaire naphthalène/ $\alpha$ -naphtol .....	321
5.5 Tracé du diagramme de phases solide-liquide isobare du mélange binaire naphthalène/ $\beta$ -naphtol.....	331
5.6 Tracé du diagramme de phases liquide-vapeur isobare du mélange binaire acide chlorhydrique/eau .....	339
<b>Chapitre 6 – Utilisation d’outils numériques.....</b>	<b>347</b>
6.1 Décomposition d’un spectre d’absorption complexe en plusieurs pics à l’aide du solveur Excel®.....	349
6.2 Simulation du dosage complexométrique des ions calcium $\text{Ca}^{2+}$ et magnésium $\text{Mg}^{2+}$ par l’EDTA .....	360
6.3 Simulation de mécanismes en cinétique .....	377
<b>Annexes .....</b>	<b>393</b>
Annexe 1 : Sécurité chimie, Système général harmonisé.....	395
Annexe 2 : Classification périodique des éléments.....	405
<b>Index.....</b>	<b>407</b>



# *exocharmique*



AVANT-PROPOS .....	3
MISE EN GARDE .....	4
1 LA STRUCTURE DE LA MATIÈRE .....	5
1.1 Du <i>Big Bang</i> aux poupées russes .....	5
1.2 Orbites et orbitales .....	6
1.3 La mole et le nombre d'Avogadro .....	9
2 CURIOSITÉS RELATIVES À CERTAINES PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE .....	11
2.1 Congélation / Fusion .....	11
2.2 Ébullition .....	13
2.3 Sublimation / Condensation .....	13
2.4 Solubilité .....	14
2.5 Indice de réfraction .....	17
2.6 Paramagnétisme .....	18
2.7 Supraconductivité .....	18
3 LA NOTION DE RÉACTION CHIMIQUE .....	19
3.1 Réactions chimiques entre des gaz .....	19
3.2 Réactions chimiques entre des liquides .....	19
3.2.1 Réactions chimiques se traduisant par un dégagement gazeux .....	19
3.2.2 Réactions chimiques se traduisant par l'apparition d'un précipité .....	20
3.2.3 Réactions chimiques se traduisant par un changement de couleur .....	22
3.3 Réactions chimiques entre des solides .....	27
4 ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES RÉACTIONS CHIMIQUES .....	29
4.1 Réactions exothermiques .....	29
4.2 Réactions endothermiques .....	30
4.3 Fluorescence .....	31
4.4 Phosphorescence .....	31
4.5 Chimiluminescence .....	32
4.6 Photochromie .....	33
4.7 Thermochromie .....	34
4.8 Triboluminescence .....	34
4.9 Électrolyse .....	35
4.10 Un oscillateur électrochimique : le cœur battant de mercure .....	36
5 THERMODYNAMIQUE ET CINÉTIQUE DES RÉACTIONS CHIMIQUES .....	38
5.1 Le principe de Le Chatelier .....	38



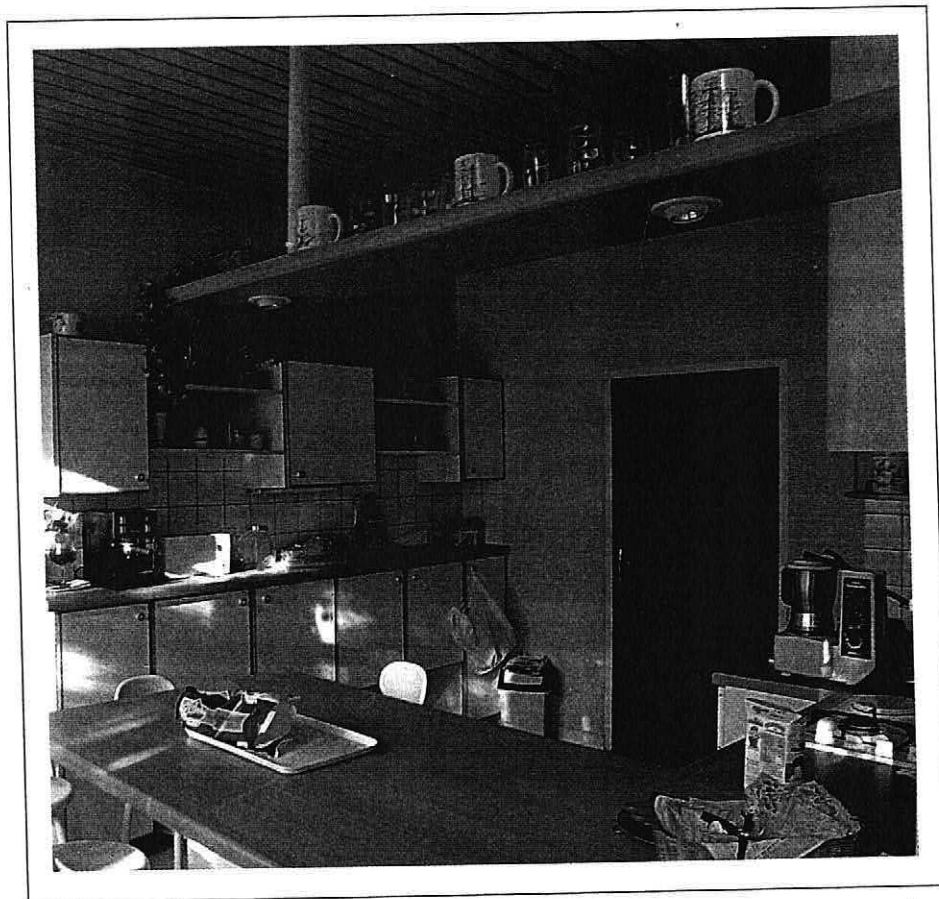
5.2	Les minuteurs chimiques	39
5.2.1	La réaction de Landolt ( <i>Iodine clock</i> )	39
5.2.2	L'apparition soudaine d'orpiment ( <i>Synthetic Gold Clock</i> )	40
5.2.3	La réaction séquentielle dite "Old Nassau"	41
6	SHOW DE CHIMIE MAGIQUE	42
6.1	Posters de bienvenue	42
6.2	Comment enfoncer un clou dans du bois avec une banane ?	42
6.3	On ne gaspille pas l'argent !	43
6.4	Mais où sont donc passées les vapeurs rutilantes ?	43
6.5	Le volcan chimique	43
6.6	Le caméléon minéral	44
6.7	La raison pour laquelle les glucides étaient jadis appelés des <i>hydrates de carbone</i>	45
6.8	Insaisissable oxyde de fer(II) !	46
6.9	Obtention d'un brin de Nylon par polycondensation interfaciale ( <i>The Nylon Rope Trick</i> )	47
6.10	Autres tours de chimie magique et fin du show	48
7	LES JOUETS CHIMIQUES	49
7.1	Le canard buveur	49
7.2	Le gel magique	49
7.3	Le sable magique ( <i>Magic Sand</i> ®)	51
7.4	Objets qui rebondissent, bulles de savon et serpents du pharaon	51
8	QUIZ, ILLUSIONS ET AUTRES ÉTRANGETÉS À CONNOTATION CHIMIQUE	52
8.1	Affolante nomenclature	52
8.2	La notion de résonance	53
8.3	Sacré cyclohexane !	54
8.4	Configuration absolue des carbones chiraux	56
8.5	Les rubans de Möbius moléculaires	57
8.6	Le tao de la chimie	59
8.7	Sherlock Holmes et autre Hercule Poirot	61
8.8	Puzzles, Dingbats® et mots croisés chimiques	64
	BIBLIOGRAPHIE	68

## Hit-parade de l'exocharme

😊😊😊 : 9, 12, 14, 16, 18, 25, 32, 36, 41, 43, 47, 49, 54, 57 / 😊😊 : 11, 14, 15, 19, 20, 22, 27, 40, 43, 44, 49, 51, 54, 62 / 😊 : 6, 8, 10, 11, 17, 18, 19, 22, 24, 29, 32, 39, 45, 46, 52, 61

# Chimie dans la maison

Dominique CROUZET-DEPROST  
Karine DÉPRÉS-HOMO  
Sophie SADOU  
et Josette FOURNIER



Formation

*Cultures et Techniques*

# Table des matières

Les manipulations ont été classées en trois niveaux (1) (2) (3) selon un ordre croissant de difficulté, apprécié par les auteurs.

## PREMIÈRE PARTIE : ALIMENTATION

### Chapitre 1

<b>LE LAIT ET LES PRODUITS LAITIERS</b> .....	17
<b>I - Généralités</b> .....	17
I.1 - Composition du lait .....	17
I.2 - Du lait aux produits laitiers .....	19
<b>II - Détermination de la teneur en lactose par polarimétrie (3)</b> .....	22
<b>III - Extraction de la matière grasse (1)</b> .....	27
<b>IV - Dosage potentiométrique de l'acide lactique (1)</b> .....	29
<b>V - Teneur en sel des fromages</b> .....	33
V.1 - Le chlore dans le chlorure de sodium .....	33
V.2 - Manipulation (1) .....	34
<b>VI - Estérification d'acides gras par un dérivé du silicium</b> ..	40
VI.1 - Les acides gras .....	40
VI.2 - La chimie organique du silicium .....	46
VI.3 - Les silicones .....	50
VI.4 - Estérification d'acides gras (2) .....	53

### Chapitre 2

<b>LES ŒUFS</b> .....	61
<b>I - Chimie de la mayonnaise</b> .....	61
<b>II - Dosage des chlorures dans les œufs (1)</b> .....	64

### Chapitre 3

<b>L'EAU</b> .....	71
<b>I - Généralités</b> .....	71
I.1 - Historique .....	71
I.2 - La législation .....	71



<b>II - Simulation du passage du plomb, de la paroi d'une canalisation dans la solution qui s'y écoule : étude polarographique ...</b>	73
<b>III - Dosage des chlorures dans les eaux minérales (1) .....</b>	84

## **Chapitre 4**

<b>LE VIN .....</b>	89
<b>I - Généralités .....</b>	89
I.1 - La composition des vins .....	89
I.2 - Les contrôles .....	90
<b>II - Le dioxyde de soufre .....</b>	91
II.1 - Les fonctions du dioxyde de soufre dans le vin .....	91
II.2 - Dosages du dioxyde de soufre (2) .....	92
<b>III - L'acidité d'un vin .....</b>	99
III.1 - Intérêt et définitions .....	99
III.2 - Dosages de l'acidité d'un vin (2) et (1) .....	100
III.3 - Les vins et l'alcool : dosage enzymatique de l'éthanol dans un vin (3) .....	115

## **Chapitre 5**

<b>LE JUS DE TOMATE .....</b>	127
<b>I - Action du dichlore sur un jus de tomate (1) .....</b>	127
<b>II - Action du dibrome sur un jus de tomate (1) .....</b>	129

## **Chapitre 6**

<b>LES VITAMINES .....</b>	133
<b>I - Généralités .....</b>	133
I.1 - Nutriments et micronutriments .....	133
I.2 - Vitamines .....	134
I.3 - Fonctions métaboliques des vitamines .....	135
I.4 - Maladies de carences .....	139
<b>II - Détermination de la teneur en vitamine C de fruits et comprimés .....</b>	142
II.1 - Généralités .....	142
II.2 - Dosage colorimétrique de la vitamine C dans les fruits ou dans des comprimés (1) .....	146
II.3 - Dosage de la vitamine C dans les fruits, par une méthode potentiométrique (1) .....	152
II.4 - Mesure de la teneur en vitamine B <sub>2</sub> d'échantillons de lait par chromatographie liquide haute performance (2) .....	158
<b>III - Dérivé fluorescent de la vitamine B<sub>1</sub> (1) .....</b>	168

DEU)

## **Chapitre 7** **À L'INTERSEC** **ET GUSTATIV**

- I - Qu'est**
- II - L'ode**

## **Chapitre 8** **SYNTHÈSE DE**

## **Chapitre 9** **SYNTHÈSE DE**

## **Chapitre 10** **LE POIVRE ..**

- I - Génér**
- II - Extrac**

## **Chapitre 11** **LES HUILES E**

- I - Huiles**
- I.1 - L
- I.2 - L
- II - Extrac**
- III - Hydro**

## **Chapitre 12** **LA VANILLIN**

- I - Origin**
- II - Analy**
- III - Prépa**

## DEUXIÈME PARTIE : CHIMIE DU GOÛT

<b>Chapitre 7</b> _____	
<b>À L'INTERSECTION DES SENSATIONS OLFACTIVES ET GUSTATIVES : LA FLAVEUR</b> .....	177
I - <i>Qu'est-ce que le goût ?</i> .....	178
II - <i>L'odeur, le goût et la flaveur</i> .....	178
<b>Chapitre 8</b> _____	
<b>SYNTHÈSE DE LA FLAVEUR DE NOIX DE COCO (1)</b> .....	185
<b>Chapitre 9</b> _____	
<b>SYNTHÈSE DE LA FLAVEUR DE POP-CORN (1)</b> .....	197
<b>Chapitre 10</b> _____	
<b>LE POIVRE</b> .....	203
I - <i>Généralités</i> .....	203
II - <i>Extraction de la pipérine du poivre (1)</i> .....	207
<b>Chapitre 11</b> _____	
<b>LES HUILES ESSENTIELLES</b> .....	211
I - <i>Huiles essentielles et terpènes</i> .....	211
I.1 - <i>Les essences végétales</i> .....	211
I.2 - <i>Les terpènes</i> .....	212
II - <i>Extraction de l'eugénoï (3)</i> .....	216
III - <i>Hydrodistillation</i> .....	225
<b>Chapitre 12</b> _____	
<b>LA VANILLINE</b> .....	227
I - <i>Origines et usages</i> .....	227
II - <i>Analyse d'un extrait de vanille (2)</i> .....	229
III - <i>Préparation de la vanilline à partir de la sciure de bois (3)</i> .....	232

<b>Chapitre 13</b>	
<b>ISOMÈRES DU MENTHOL</b>	241
I - Le cyclohexane	241
II - Réduction de la (-)-menthone par le borohydrure de potassium (2)	244

<b>Chapitre 14</b>	
<b>LES ÉDULCORANTS</b>	253
I - Le goût sucré	253
II - Préparation de l'octaacétate de saccharose (3)	255
III - Alkylation de la saccharine (1)	262

## TROISIÈME PARTIE : MATÉRIAUX

<b>Chapitre 15</b>	
<b>LES FOURS À MICRO-ONDES</b>	271
I - La cuisine, c'est de la chimie	271
II - Réaction de Diels-Alder réalisée en four à micro-ondes (1)	274
III - Préparation par « micro-ondes » d'un dérivé de la glycine (1)	279

<b>Chapitre 16</b>	
<b>LE VERRE</b>	287
I - Généralités	287
I.1 - Composition des verres	287
I.2 - Structure	288
I.3 - Fabrication industrielle des verres courants	289
II - Préparation d'un verre à base de bore (2)	289

## Chapitre LE PAPIER

I - G
I.1
I.2
II - S
de
II.
II.
III - D
IV - D
IV
IV
V - L
V.
V.

## Chapitre LES POLY

I - L
II - R
II.
II.
II
II

## Chapitre POLYESTI

I - P
II - S

## Chapitre DISSOLU

I - L
II - S



<b>Chapitre 17</b>	
<b>LE PAPIER</b>	293
<b>I - Généralités</b>	293
I.1 - Du bois à la pâte à papier	294
I.2 - Blanchiment des pâtes à papier	295
<b>II - Simulation d'une séquence industrielle de blanchiment d'une pâte à papier (3)</b>	297
II.1 - Blanchiment phase C	298
II.2 - Extraction alcaline phase E	308
<b>III - De la pâte au papier</b>	313
<b>IV - Du papier au papier imprimé</b>	315
IV.1 - Les encres d'imprimerie	315
IV.2 - L'impression	318
<b>V - Les vieux papiers</b>	319
V.1 - Le recyclage des vieux papiers	319
V.2 - Désencrage des vieux papiers (1)	320

<b>Chapitre 18</b>	
<b>LES POLYMÈRES</b>	325
<b>I - L'invasion des polymères dans la cuisine</b>	325
<b>II - Réalisation de films biodégradables</b>	328
II.1 - La consommation de films biodégradables	328
II.2 - Films à base d'amidon (2)	329
II.3 - Préparation de l'amidon-dialdéhyde (1)	334
II.4 - Films à base d'amidon-dialdéhyde (2)	336

<b>Chapitre 19</b>	
<b>POLYESTERS</b>	337
<b>I - Présentation</b>	337
<b>II - Synthèse de polyesters (1)</b>	337

<b>Chapitre 20</b>	
<b>DISSOLUTION DE PLASTIQUES USUELS</b>	343
<b>I - L'emballage qui se dissout (1)</b>	343
<b>II - Séparation de plastiques usagés (2)</b>	345

<b>Chapitre 21</b> _____	
<b>LA VAISSELLE EN PLASTIQUE</b> .....	351
I - Synthèse d'un plastifiant (3) .....	351
II - Effet du plastifiant sur les propriétés physiques de polystyrènes (1) .....	360
<b>Chapitre 22</b> _____	
<b>LES POLYACRYLAMIDES</b> .....	371
I - Synthèse du polyacrylamide amorcée par la vitamine B <sub>2</sub> (1) .....	371
II - Synthèse du polyacrylamide amorcée par la paire d'ions persulfate - fer II (1) .....	377
III - Détermination de la masse molaire moyenne du polyacrylamide par viscosimétrie (2) .....	381
<b>Chapitre 23</b> _____	
<b>LE POLYMÉTHACRYLATE DE MÉTHYLE (1)</b> .....	387
<b>Chapitre 24</b> _____	
<b>SUPPORTS POUR COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES :</b>	
<b>LES SOLS-GELS</b> .....	393
I - Les sols-gels et colloïdes .....	393
I.1 - Dispersion .....	394
I.2 - Gélification .....	395
II - Formation d'un sol-gel à partir d'un dérivé du zirconium (2) .....	396
III - Formation d'un sol-gel dérivé du silicium (2) .....	403

**Chapit**  
**L'EAU**

I -

II -  
III -

**Chapit**  
**LES AG**

I - P

II -

III -

**Une cu**  
**aux sol**

**LA CHII**  
**POUR C**

I -

## QUATRIÈME PARTIE PRODUITS D'ENTRETIEN

### Chapitre 25

<b>L'EAU DE JAVEL</b> .....	411
<b>I - Aspect historique</b> .....	411
I.1 - Le blanchiment au chlore .....	411
I.2 - La manufacture de Javel .....	412
I.3 - Naissance d'une industrie : l'eau de Javel .....	412
I.4 - Le blanchiment des toiles .....	413
I.5 - Les lessives caustiques .....	413
I.6 - Une révolution dans le blanchiment .....	413
<b>II - Dosage de l'eau de Javel</b> .....	414
<b>III - Oxydation de l'acétophénone en acide benzoïque (1)</b> .....	414

### Chapitre 26

<b>LES AGENTS TENSIO-ACTIFS</b> .....	421
<b>I - Présentation</b> .....	421
I.1 - Effet sur les tensions interfaciales .....	423
I.2 - Constitution de micelles, bicouches, vésicules... ..	423
<b>II - Concentration micellaire critique         du dodécylbenzènesulfonate de sodium (3)</b> .....	426
<b>III - Influence des électrolytes         sur la concentration micellaire critique</b> .....	432

### *Une culture scientifique d'aujourd'hui aux sources du passé*

<b>LA CHIMIE :</b>	
<b>POUR COMPRENDRE LES CHOSES ORDINAIRES</b> .....	435
<b>I - Naissance de la chimie organique théorique         et industrielle</b> .....	435
I.1 - L'analyse des corps gras .....	435
I.2 - L'analyse immédiate .....	437
I.3 - Une langue .....	437
I.4 - La chimie est partout .....	437



<b>II - Quelques textes de Chevreul</b> .....	437
II.1 - « Sur une substance nouvelle obtenue du savon de graisse de porc et de potasse » .....	437
II.2 - « De la purification de la matière nacrée et de sa décomposition par l'acide muriatique » .....	438
II.3 - Action de la margarine sur le tournesol .....	439
II.4 - Néologismes scientifiques .....	440
II.5 - La formulation ou l'art du savonnier : « Des savons considérés sous le rapport de leur degré de dureté ou de mollesse » .....	441

<b>MANIPULATIONS : INDEX DES MOTS CLÉS</b> .....	443
--	-----

*N.B. : Dans les bibliographies, le lieu d'édition n'est pas mentionné quand il s'agit de Paris.*

Ce livre  
mat  
tous  
futurs chim  
dire un syst  
rent de lois  
C'est aussi  
des opérati  
associé un  
savante qui  
parce qu'el  
intègre le v  
me. La chir  
l'homme à  
parti néces  
avec les sci  
doter la po  
s'appuyant

Dans le  
tons contrib  
concrets, su  
liaison évid

Nous s  
laboratoire.  
percevoir t  
philosophiq  
classe relai  
sources, pa

Les pr  
vent d'appr  
chacun soi  
englober, il  
classe de c  
d'autres sci



M. CAPON  
V. COURILLEAU  
C. VALETTE

**CHIMIE**  
des  
**COULEURS**  
et des  
**ODEURS**

Cultures et Techniques

# TABLE DES MATIÈRES

## PREMIÈRE PARTIE : LES COULEURS

<b>Chapitre 1 - La couleur, les colorants</b> .....	11
<b>Chapitre 2 - Pigments naturels</b>	
2.1 - Chlorophylles, anthocyanines, bétalaines .....	19
2.2 - Les caroténoïdes .....	26
2.3 - Séparation des pigments du paprika et extraction du principal pigment rouge .....	31
<b>Chapitre 3 - Colorants alimentaires</b>	
3.1 - Généralités .....	39
3.2 - Séparation d'un mélange de colorants alimentaires par chromatographie. Détermination du rendement en pureté de la colonne .....	46
<b>Chapitre 4 - Préparation électrochimique d'un intermédiaire dans la synthèse des colorants : l'aniline</b> .....	57
<b>Chapitre 5 - Colorants textiles</b>	
5.1 - Fibres textiles .....	71
5.2 - Colorants textiles organiques .....	78
5.3 - Préparation et utilisation d'un colorant textile : le vert malachite .....	92
5.4 - L'indigo : préparation et utilisation en teinture ; exemple de solvatochromie .....	106
5.5 - Teinture par l'acide picrique .....	116
5.6 - Le rouge para : préparation et utilisation en teinture	119
5.7 - Teinture par le rouge congo .....	125

**Chapitre 6 - Colorants capillaires**

6.1 - Cheveux et teinture capillaire .....	129
6.2 - Coloration de cheveux .....	137

**Chapitre 7 - Pigments picturaux**

7.1 - Les peintures .....	141
7.2 - Synthèse d'un pigment pour les peintures, $PbCrO_4$ .....	151

**Chapitre 8 - Colorants pour l'analyse chimique**

8.1 - Les indicateurs colorés .....	157
8.2 - Détermination du potentiel standard d'oxydoréduction du couple bleu de méthylène-blanc de méthylène .....	167

**DEUXIÈME PARTIE : LES ODEURS**

<b>Chapitre 1 - Odeurs et théories de l'odeur .....</b>	<b>187</b>
---	------------

**Chapitre 2 - Autour d'une huile essentielle**

2.1 - Extraction du limonène .....	207
2.2 - Synthèse de la (-)-carvone à partir du (+)-limonène .....	214

**Chapitre 3 - Synthèse d'une odeur : l'acétate de  
3-méthylbutyle .....**

227

**Chapitre 4 - Phéromones**

4.1 - Phéromones chez les insectes et insectifuges de synthèse .....	235
4.2 - Préparation d'un insectifuge de synthèse : la N,N-diéthyl - <i>m</i> - toluamide .....	244

<b>Index .....</b>	<b>253</b>
--------------------	------------

Des compléments historiques ou économiques à propos des manipulations sont insérés dans le protocole expérimental et sont différenciés par la typographie.



ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA CHIMIE

# « CHIMIE-TOUT »

expériences commentées





Sylvie HAURAT-BENTOLILA  
Emmanuelle LECORNE  
Olivier LEDUC

**FORMATION**

Cultures et Techniques

# TABLE DES MATIÈRES

	<i>Les risques de la chimie</i> .....	9
<b>Chapitre 1</b>		
	<i>Dosage de l'étain dans le fer blanc</i> .....	13
	Première méthode : dosage chimique .....	14
	Deuxième méthode : dosage électrochimique .....	19
<b>Chapitre 2</b>		
	<i>Illustration d'un procédé industriel de purification des métaux : distillation du zinc</i> .....	25
<b>Chapitre 3</b>		
	<i>Étude de l'équilibre de Boudouard</i> .....	31
<b>Chapitre 4</b>		
	<i>Hydroboration d'alcènes et oxydation en alcools, avec de petites quantités</i> .....	39
	Expérience 1 : cas du 1-méthylcyclohexène .....	44
	Expérience 2 : cas du norbornène .....	52
<b>Chapitre 5</b>		
	<i>Synthèse de la pinacolone</i> .....	57
<b>Chapitre 6</b>		
	<i>La benzocaïne</i> .....	65
	Première méthode : synthèse par estérification .....	67
	Deuxième méthode : synthèse par réduction .....	73
<b>Chapitre 7</b>		
	<i>Réduction de la benzoïne par le borohydrure de sodium</i> ..	79
<b>Chapitre 8</b>		
	<i>Synthèse et étude spectroscopique de molécules agropharmaceutiques : les « alexurons »</i> .....	89

<b>Chapitre 9</b>	
	<i>Séparatio échangeu</i>
<b>Chapitre 10</b>	
	<i>Détermin spectropl</i>
<b>Chapitre 11</b>	
	<i>Dosage d en phase</i>
<b>Chapitre 12</b>	
	<i>Polarogra Prer p Deu d</i>
<b>Chapitre 13</b>	
	<i>Complex Prer r Deu c</i>
<b>Chapitre 14</b>	
	<i>Voltaméi film con</i>
<b>Index des mot</b>	
<b>Signes utilisés</b>	
	<b>Attentio</b> tant au
	manij
	manij
	manij

## Chapitre 9

*Séparation des ions Ni<sup>2+</sup> / Co<sup>2+</sup> sur résine échangeuse d'ions* ..... 97

## Chapitre 10

*Détermination d'un coefficient de partage par spectrophotométrie* ..... 103

## Chapitre 11

*Dosage de l'éthanol dans le vin par chromatographie en phase vapeur* ..... 113

## Chapitre 12

*Polarographie : dosage du plomb dans l'essence* ..... 119  
Première partie : considérations théoriques sur la polarographie ..... 121  
Deuxième partie : dosage polarographique du plomb dans l'essence 1 - Cas du super avec plomb .... 126  
2 - Cas du super sans plomb .... 131

## Chapitre 13

*Complexes thermochromiques.* ..... 135  
Première expérience : synthèse d'un complexe nickel II ..... 135  
Deuxième expérience : étude des équilibres thermochromiques de complexes du cobalt et du nickel. . 136

## Chapitre 14

*Voltamétrie cyclique : synthèse et caractérisation d'un film conducteur de polyaniline* ..... 145

**Index des mots-clés** ..... 154

### Signes utilisés



**Attention :** lorsqu'une manipulation demande certaines précautions, tant au point de vue de la sécurité que de la toxicité des produits.



manipulation demandant moins d'une heure.



manipulation demandant environ deux heures.



manipulation demandant de deux à quatre heures.





Gilles ANDRÉ  
Valérie DARTAILH  
Frédérique MAKSUD  
Sophie PAK-BLANES  
et  
Josette FOURNIER

# ÉCOLOGIE CHIMIE

Chimie appliquée à l'environnement

FORMATION

Cultures et Techniques



## TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.....	12
-------------------	----

### Première partie

#### LA RONDE ÉTERNELLE DES ÉLÉMENTS LES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES

<b>Introduction</b> .....	17
Notions fondamentales.....	17
Les principaux éléments.....	21
La réaction chimique.....	22
<b>Chapitre 1 - Le carbone</b> .....	23
Planche A - Le cycle du carbone (hors texte, après p. 32)	
1.1 - Importance du carbone.....	23
Les glucides.....	23
Les lipides.....	24
Les protéines.....	24
1.2 - Le cycle du carbone.....	25
Où trouver le dioxyde de carbone à l'état naturel ?.....	25
Consommation du dioxyde de carbone.....	26
1.3 - Les réserves de carbone.....	28
Le charbon.....	28
Le pétrole et le gaz naturel.....	29
<b>Chapitre 2 - L'azote</b> .....	31
Planche B - Le cycle du carbone (hors texte, après p. 32)	
2.1 - Cycle biologique de l'azote.....	31
2.2 - Cycle biogéochimique de l'azote (cycle complet).....	34
Les phénomènes physiques.....	34
Influence de l'homme.....	35
<b>Chapitre 3 - Le phosphore</b> .....	37
Planche C - Le cycle du carbone (hors texte, après p. 32)	
Le cycle du phosphore.....	37

### Deuxième partie

#### L'ACTIVITÉ HUMAINE, SOURCE DE POLLUTION

##### POLLUTION D'ORIGINE INDUSTRIELLE

<b>Chapitre 4 - L'effet de serre</b> .....	45
4.1 - Qu'est ce que l'effet de serre ?.....	46
Fig. 1 : Rayonnement d'un corps noir (p. 46)	

## Table des matières

4.2 - Les gaz à effet de serre .....	46
Le dioxyde de carbone .....	47
Fig. 2 : Spectre IR de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone (p. 48)	
La vapeur de l'eau.....	48
Le méthane .....	49
Les autres gaz.....	49
4.3 - Les paramètres influençant l'effet de serre .....	50
Loi de Beer-Lambert.....	50
La concentration .....	51
Autres paramètres .....	51
4.4 - Où en sommes-nous aujourd'hui ? .....	52
<b>EXPÉRIENCE : Spectre de rotation-vibration du méthane</b> .....	53
Enregistrement du spectre.....	53
Interprétation du spectre.....	53
Fig. 3 : Spectre IR du méthane (p. 54)	
Fig. 4 : Parabole de Fortrat (p. 55)	
Tableau I : Abscisses des bandes (Spectre IR du méthane) (p. 56)	
Remarque .....	57
<b>Chapitre 5 - Les pluies acides</b> .....	59
5.1 - Que sont les pluies acides ? .....	59
5.2 - Les mécanismes du phénomène .....	61
5.3 - Quels sont les dégâts provoqués ? .....	64
5.4 - Les remèdes proposés par la chimie moderne .....	65
<b>EXPÉRIENCE 1 : Jet d'eau du dioxyde de soufre</b> .....	68
Manipulation.....	68
Discussion .....	69
Fig. 5 : Diagramme potentiel-pH de S(IV)/S(VI) (p. 69)	
Tableau II : Quelques propriétés du dioxyde de soufre (p. 70)	
Pour aller plus loin.....	70
<b>EXPÉRIENCE 2 : Mesure de la teneur en calcaire d'un sol</b> .....	72
But et principe de la manipulation.....	72
Tracé de la courbe étalon .....	72
Fig. 6 : Montage à réaliser (p. 73)	
Fig. 7 : Droite étalon (p. 74)	
Mesure de la teneur en calcaire d'un sol .....	74
Remarque .....	75
<b>Chapitre 6 - La pollution par les P.C.B.</b> .....	77
6.1 - P.C.B. : propriétés et applications.....	77
6.2 - Risques engendrés par l'utilisation des P.C.B. ....	78
La pollution froide .....	78
La pollution chaude .....	79
6.3 - Substituts des P.C.B. ....	81
Produits liquides .....	81
Transformateurs secs .....	81

## EXPÉRIENCE

Prin

Mo

Rés

Cal

## Chapitre

7.1 - Les

Tabl

7.2 - Des

Les

Les

7.3 - Les

Les

L'ac

La

La l

La j

Fig.

Fig.

## EXPÉRIENCE

Réa

Tabl

Ana

Fig. 1

## POLLUTION

## Chapitre

8.1 - Cor

8.2 - Str

Fig.

8.3 - Pro

## EXPÉRIENCE

Tabl

## EXPÉRIENCE

tot

## Chapitre

9.1 - Les

Tabl

La l

La l

La l

9.2 - Les

Eng

Fig.

*Table des matières*

<i>EXPÉRIENCE : Dosage des phénols dans l'eau</i> .....	83
Principe.....	84
Mode opératoire.....	84
Résultats.....	86
Calcul annexe.....	86
<b>Chapitre 7 - Les marées noires</b> .....	91
7.1 - Les principales pollutions pétrolières.....	91
Tableau III : Principales marées noires (p. 92)	
7.2 - Description de la pollution.....	92
Les phases observées.....	92
Les facteurs influents.....	93
7.3 - Les traitements contre les marées noires.....	93
Les moyens physiques.....	93
L'adsorption des hydrocarbures.....	94
La dispersion.....	94
La biodégradation.....	95
La photooxydation.....	96
Fig. 8 : Photocatalyse par TiO <sub>2</sub> (p. 97)	
Fig. 9 : Cycle catalytique (p. 97)	
<i>EXPÉRIENCE : Simulation de traitement</i> .....	99
Réalisation.....	99
Tableau IV : Résultats (p. 100)	
Analyse des résultats.....	100
Fig. 10 : Solvatation initiale de l'ammonium (p. 101)	
 <b>POLLUTION D'ORIGINE AGRICOLE</b>	
<b>Chapitre 8 - Les sols</b> .....	103
8.1 - Composition du sol.....	103
8.2 - Structure du sol.....	103
Fig. 11 : Enchaînement des silicates (p. 104)	
8.3 - Propriétés du complexe argilo-humique.....	106
<i>EXPÉRIENCE 1 : Mesure du pH d'un sol</i> .....	107
Tableau V : Types de sols en fonction du pH (p. 108)	
<i>EXPÉRIENCE 2 : Détermination du carbone organique total d'un sol</i> .....	109
<b>Chapitre 9 - La pollution par les nitrates</b> .....	113
9.1 - Les raisons de la fertilisation des sols.....	113
Tableau VI : Composition de la matière végétale (p. 113)	
La fertilisation azotée.....	114
La fertilisation phosphatée.....	115
La fertilisation potassique.....	115
9.2 - Les engrais.....	115
Engrais azotés.....	116
Fig. 12 : Obtention du sulfate d'ammonium (p. 117)	



## Table des matières

Engrais phosphatés.....	117	
Engrais potassiques.....	118	10.4
Engrais composés.....	119	
9.3 - Pollution de l'eau par les nitrates.....	119	
Pollution engendrée par les élevages industriels.....	119	
Tableau VII : Masse (en kg) d'éléments fertilisants par tonne de matière (p. 120)		
Mécanismes de la contamination.....	120	
Fig. 13 : Nitrates dans l'eau souterraine, région Nord de la France (p. 121)		
Teneur en nitrates des eaux potables et réglementation.....	121	10.5
Teneur en nitrates des aliments.....	122	
Tableau VIII : Teneur en nitrates et nitrites de certains légumes (p. 122)		
9.4 - Les nitrates représentent-ils un réel danger ?.....	122	EXPÉ
L'eutrophisation.....	122	EXPÉ
Dangers des nitrates pour l'homme.....	123	
Tableau IX : Action des nitrites (p. 125)		
9.5 - Rôle des nitrates et des nitrites dans les aliments.....	127	EXPÉ
9.6 - Quels remèdes ?.....	128	EXPÉ
Fig. 14 : Schéma d'une usine d'épuration de l'eau par voie biologique (p. 129)		
EXPÉRIENCE 1 : Recherche des constituants d'un engrais.....	131	EXPÉ
EXPÉRIENCE 2 : Dosage des ions nitrate dans un engrais pour jardin.....	135	
EXPÉRIENCE 3 : Dosage des nitrates par électrode spécifique.....	138	
Fig. 15 : Montage potentiométrique (p. 139)		
Fig. 16 : Courbe étalon $E \text{ (mV)} = f(pC)$ (p. 140)		
EXPÉRIENCE 4 : Dosage des nitrates par spectrophotométrie UV-visible.....	144	POLI Chap
Fig. 17 : Droite étalon $A(415 \text{ nm}) = f([\text{NO}_3^-])$ (p. 147)		11.1 11.2 11.3
EXPÉRIENCE 5 : Dosage des nitrates par spectroscopie de fluorescence.....	149	EXPÉ
Fig. 18 : Étalonnage (p. 152)		
EXPÉRIENCE 6 : Dosage des ions nitrite dans une charcuterie.....	153	Chap
Fig. 19 : Spectre d'absorption $A = f(\lambda)$ (p. 154)		12.1
Fig. 20 : Droite étalon $A = f(\text{Concentration en nitrites})$ (p. 155)		12.2
Chapitre 10 - Les pesticides.....	159	
10.1 - Introduction.....	159	
Fig. 21 : Évolution des rendements de blé en France depuis 1825 (p. 160)		12.3
Fig. 22 : Production française de blé depuis 1825 (p. 160)		
Fig. 23 : Estimation des pertes annuelles sur les céréales (p. 161)		
10.2 - Grandes familles de pesticides.....	162	
Les herbicides.....	162	12.4
Les insecticides.....	168	
Les fongicides.....	174	
10.3 - Formulation.....	179	

*Table des matières*

10.4 - Pesticides et environnement .....	179
Pollution accidentelle : Bhopâl.....	179
Pollution diffuse .....	181
Fig. 24 : Isomères du HCH (p. 184)	
Fig. 25 : Schéma de production du lindane (p. 185)	
Fig. 26 : Pesticides classés comme cancérigènes par l'EPA (Environmental Protection Agency) (p. 186-187)	
Pesticides et tiers monde .....	188
10.5 - Pesticides du futur .....	191
Tendances générales .....	191
Des exemples de médiateurs chimiques : les phéromones .....	193
<i>EXPÉRIENCE 1 : Détermination du carbaryl par CCM</i> .....	197
<i>EXPÉRIENCE 2 : Dosage par oxydo-réduction du dinoterbe dans un produit formulé</i> .....	200
<i>EXPÉRIENCE 3 : Hydrolyse basique du monuron</i> .....	204
Fig. 27 : Montage à distillation (p. 205)	
<i>EXPÉRIENCE 4 : Synthèse d'un "analogue" du DDT : l'acide benzylique</i> .....	208
<i>EXPÉRIENCE 5 : Synthèse d'un analogue du carbaryl : le N-méthylcarbamate de β-naphthyle</i> .....	211
Fig. 28 : Spectre infra-rouge du N-méthylcarbamate de β-naphthyle (p. 213)	
 <b>POLLUTION D'ORIGINE DOMESTIQUE</b>	
<b>Chapitre 11 - Les phosphates</b> .....	215
11.1 - Conséquences de la présence des phosphates.....	215
11.2 - Origine des phosphates.....	216
11.3 - Remèdes .....	217
<i>EXPÉRIENCE : Dosage des phosphates dans une lessive</i> .....	218
Fig. 29 : Structure spatiale du complexe (p. 219)	
Fig. 30 : A en fonction de m(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) introduite (p. 221)	
<b>Chapitre 12 - La couche d'ozone et les C.F.C.</b> .....	223
12.1 - Disparition progressive de l'ozone dans l'Antarctique...	224
12.2 - Autour d'une polémique : les avions, le monde agricole, ou les fréons ?.....	225
12.3 - Les différentes réactions conduisant à la disparition de l'ozone.....	226
Les oxydes d'azote.....	227
Les chlorofluorocarbones.....	228
Intervention d'autres polluants .....	230
12.4 - Évolution et mécanisme .....	231
Le trou d'ozone antarctique .....	231
Les mini-trous arctiques.....	234

## Table des matières

12.5 - Les C.F.C. : limitations d'emploi et substitution .....	235	16.2
Les décisions mondiales de limitation d'emploi des CFC .....	235	
Les HFA : de nouveaux substituts performants .....	237	
Le problème des aérosols .....	237	
Tableau X : Exemples des principaux substituts aux CFC jugés les plus nocifs (p. 238)		
12.6 - Récapitulation des réactions de destruction de l'ozone .....	239	
Production de l'ozone .....	239	EXPI
Destruction de l'ozone .....	239	
<b>Chapitre 13 - L'automobile</b>		EXPI
13.1 - La course à une essence performante .....	244	
13.2 - Essence et environnement .....	245	EXPI
Les pollutions dues à l'essence .....	245	
Les remèdes : de nouvelles normes sur l'essence, les pots catalytiques .....	247	EXPI
13.3 - Les nouveaux carburants : utilisation des composés oxygénés .....	252	EXPI
<b>Chapitre 14 - Traitement et recyclage des déchets</b> .....	257	EXPI
14.1 - Les déchets de l'Antiquité à nos jours .....	258	EXPI
14.2 - Les déchets ménagers .....	260	
Le contenu de nos poubelles .....	260	
Les matières organiques .....	261	Chap
Les textiles .....	262	
Les emballages .....	262	
Les métaux, incinération difficile, recyclage timide .....	268	
Tableau XI : Déchets ménagers (p. 272-273)		
14.3 - Les déchets industriels .....	274	Chim
Évolution des traitements depuis 1975 .....	274	1 - La
Traitement des déchets toxiques .....	275	2 - L'é
Vers de nouvelles stratégies .....	276	3 - Le
<b>EXPÉRIENCE : Mise en évidence du plomb dans une peinture</b> .....	280	4 - L'é
		5 - Le
		6 - La
		7 - Le
<b>Troisième partie</b>		
<b>L'EAU, DE L'OcéAN AU ROBINET</b>		
<b>Chapitre 15 - Le cycle de l'eau</b> .....	285	
Planche D - Le cycle de l'eau (hors texte, après p. 32)		
Fig. 31 : Diagramme d'état de l'eau (p. 286)		
<b>Chapitre 16 - L'analyse de l'eau</b> .....	289	Quelq
16.1 - Caractéristiques intrinsèques de l'eau .....	290	
Température .....	290	
Conductivité électrique .....	290	
pH .....	290	
Dureté .....	290	Dans le
Tableau XII : Solubilité de quelques sels (p. 291)		c'est Po

*Table des matières*

16.2 - Paramètres de pollution de l'eau .....	292
La pollution organique.....	292
La pollution azotée et phosphorée.....	294
La pollution solide .....	294
Tableau XIII : MES et DBO <sub>5</sub> de quelques eaux polluées (p. 294)	
La pollution toxique .....	295
Tableau XIV : Grille de qualité de l'eau (p. 295)	
<i>EXPÉRIENCE 1 : Dosage du dioxygène dissous dans l'eau par la méthode de Winkler.....</i>	297
<i>EXPÉRIENCE 2 : Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (dco).....</i>	300
<i>EXPÉRIENCE 3 : Détermination de la dureté d'une eau par complexométrie.....</i>	305
Fig. 32 : Diagramme de prédominance en fonction de pMg et pH (p. 307)	
<i>EXPÉRIENCE 4 : Détermination de la dureté magnésienne d'une eau par spectrophotométrie.....</i>	309
<i>EXPÉRIENCE 5 : Dosage des chlorures par précipitation.....</i>	312
Fig. 33 : Simulation du dosage (p. 313)	
<i>EXPÉRIENCE 6 : Dosage de l'azote Kjeldahl.....</i>	315
Fig. 34 : Appareil de distillation de Kjeldahl (p. 315)	
<b>Chapitre 17 - Le traitement de l'eau : technologie de production d'eau potable.....</b>	323
Fig. 35 : Traitement de l'eau (p. 325)	

**Conclusion**

<b>Chimie et environnement : Aspects historiques .....</b>	329
1 - La science appliquée .....	330
2 - L'énergie.....	332
3 - Les équilibres biogéochimiques.....	334
4 - L'eau.....	337
5 - Les arbres .....	341
6 - La crasse des villes .....	342
7 - Les déchets.....	347
<b>Quelques définitions.....</b>	351

*Dans les bibliographies, le lieu d'édition des ouvrages n'est pas mentionné lorsque c'est Paris.*



# Chimie du petit déjeuner

Marie TERRIEN  
Josette FOURNIER



Formation

Cultures et Techniques

# TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE .....	13
---------------	----

## CHAPITRE 1

<b>MACROMOLÉCULES</b> .....	17
<b>1.1 – Exemples de polymères naturels</b> .....	19
1.1.1 – La cellulose .....	20
1.1.2 – L'amidon .....	21
1.1.3 – Les pectines .....	25
1.1.4 – Que sont les « fibres » ? Pourquoi est-il nécessaire d'en manger ? ...	26
<b>1.2 – Les protéines</b> .....	26
1.2.1 – Les protéines du lait .....	32
1.2.1.1 – Les protéines du lactosérum .....	32
1.2.1.2 – Les caséines .....	33
1.2.1.3 – Histoire de protéines : entre lait de femme et lait de vache .....	36
1.2.2 – Les protéines du pain .....	37
1.2.2.1 – Description .....	37
1.2.2.2 – D'où provient la structure alvéolaire de la mie de pain ? .....	38
1.2.2.3 – Pourquoi ne fait-on du pain qu'avec du blé ? .....	42
1.2.3 – La dénaturation des protéines .....	45
1.2.3.1 – La cuisson du pain .....	45
1.2.3.2 – La dénaturation des protéines du lait .....	46
1.2.4 – La réaction de Maillard .....	52
<b>MANIPULATION 1.1 – Mise en évidence de l'hydrolyse acide de l'amidon</b> .....	55
<b>MANIPULATION 1.2 – Deux manières d'obtenir un acide aminé</b> .....	58
1.2.1 – Synthèse d'un acide aminé : l'acide 2-aminobenzoïque ou acide anthranilique .....	58

1.2.2 – Hy

1.

1.

## MANIPULATION

1.3.1 – Ré

et c

1.3.2 – Co

## MILIEUX COLLO

### 2.1 – Exemples

2.1.1 – Le

2.1.2 – Le

2

2

2

2.1.3 – Le

### 2.2 – Cas parti

2.2.1 – Er

2.2.2 – Le

2.2.3 – C

### 2.3 – Déstabilis

2.3.1 – Lc

2.3.2 – Pe

ot

### 2.4 – Les molé

2.4.1 – E

1.2.2 – Hydrolyse d'une protéine : la caséine .....	63
1.2.2.1 – Séparation d'acides aminés par chromatographie sur papier .....	66
1.2.2.2 – Électrophorèse .....	71
<b>MANIPULATION 1.3 – Furaldéhyde .....</b>	<b>75</b>
1.3.1 – Réaction de Cannizzaro : synthèse de l'alcool furfurylique et de l'acide 2-furoïque .....	76
1.3.2 – Condensation du furaldéhyde en furoïne .....	82

---

## CHAPITRE 2

---

<b>MILIEUX COLLOÏDAUX .....</b>	<b>93</b>
<b>2.1 – Exemples de milieux colloïdaux .....</b>	<b>95</b>
2.1.1 – Le lait et la crème .....	95
2.1.2 – Le beurre .....	96
2.1.2.1 – Comment fabriquer du beurre ? .....	96
2.1.2.2 – L'inversion d'émulsion .....	97
2.1.2.3 – Pourquoi cette texture si particulière du beurre ? .....	98
2.1.3 – Le chocolat .....	101
<b>2.2 – Cas particulier du gel .....</b>	<b>103</b>
2.2.1 – Empois d'amidon : comment épaissir une sauce ? .....	103
2.2.2 – Le pain .....	104
2.2.3 – Comment faire des confitures ? .....	106
<b>2.3 – Déstabilisation du milieu colloïdal .....</b>	<b>108</b>
2.3.1 – La montée de la crème dans le lait .....	108
2.3.2 – Pourquoi y a-t-il moins de crème à la surface d'un lait stérilisé ou d'un lait en poudre ? .....	110
<b>2.4 – Les molécules tensioactives .....</b>	<b>111</b>
2.4.1 – Exemples de molécules amphiphiles naturellement présentes .....	113
2.4.1.1 – Les phospholipides .....	113
2.4.1.2 – Les glycérides .....	115
2.4.1.3 – Le cholestérol .....	115

2.4.2 – Pourquoi le lait et le beurre sont-ils stables ? .....	118
2.4.3 – Les additifs .....	119
2.4.3.1 – Comment imiter au mieux le beurre ? – La margarine .....	120
2.4.3.2 – Les produits allégés .....	124
2.4.3.3 – L'ajout de lécithine dans le pain ou le chocolat .....	124
<b>2.5 – Les micelles .....</b>	<b>125</b>
2.5.1 – Le lait : dispersion de micelles protéiques .....	126
2.5.2 – Pourquoi le lait caillé-t-il ? .....	128
2.5.2.1 – Caillage par acidification .....	129
2.5.2.2 – Caillage par ajout de sel .....	129
2.5.2.3 – Caillage par ajout d'alcool .....	129
2.5.2.4 – Caillage par ajout de présure .....	130
<b>MANIPULATION 2.1 – La caséine .....</b>	<b>131</b>
2.1.1 – Extraction de la caséine du lait .....	133
2.1.2 – Préparation de la colle de caséine .....	135
<b>MANIPULATION 2.2 – Dosage des halogénures dans le lait .....</b>	<b>138</b>
2.2.1 – Dosage des ions chlorures du lait par argentimétrie (méthode de Charpentier et Volhard) .....	138
2.2.2 – Dosage des ions iodures du lait par potentiométrie avec une électrode sélective à iodures .....	142
<b>MANIPULATION 2.3 – Synthèse de cristaux liquides : ester de cholestérol .....</b>	<b>152</b>
<b>MANIPULATION 2.4 – Composition en acides gras de corps gras .....</b>	<b>163</b>
2.4.1 – Analyse de la composition d'un corps gras par CPG .....	163
2.4.2 – Mise en évidence de l'oxydation .....	169
2.4.1 – Indice d'iode .....	169
<b>MANIPULATION 2.5 – Hydrogénation catalytique de l'oléate de méthyle .....</b>	<b>173</b>

---

## RELATIONS ET ACTIVITÉS

### 3.1 – Généralités

3.1.1 -

3.1.2 -

3.1.3 -

### 3.2 – Le caséin

3.2.1 -

3.2.2 -

3.2.3 -

### 3.3 – Autres

3.3.1

3.3.2

3.3.3

### 3.4 – Les enzymes

3.4.1

3.4.2



## CHAPITRE 3

<b>RELATIONS ENTRE STRUCTURE CHIMIQUE ET ACTIVITÉ BIOLOGIQUE</b> .....	183
<b>3.1 – Généralités sur le goût</b> .....	185
3.1.1 – Les papilles .....	185
3.1.2 – Combien y a-t-il de goûts différents ? .....	186
3.1.3 – Goût, flaveur, odeur, arôme .....	187
<b>3.2 – Le cas particulier du goût sucré</b> .....	187
3.2.1 – Pourquoi préfère-t-on le goût sucré ? .....	187
3.2.2 – Quel est le point commun à toutes les molécules sucrées ? Théorie du goût sucré .....	189
3.2.3 – Qu'est-ce qu'un édulcorant ? .....	192
3.2.3.1 – Comment mesurer le goût sucré ? .....	192
3.2.3.2 – Exemples d'édulcorants de charge .....	194
3.2.3.2.1 – Oses : le glucose et le fructose .....	194
3.2.3.2.2 – Diholosides : le saccharose et le lactose .....	198
3.2.3.2.3 – Les polyols .....	205
3.2.3.3 – Les édulcorants intenses .....	206
3.2.3.3.1 – Aspartame .....	207
3.2.3.3.2 – Acésulfame .....	208
3.2.3.3.3 – Saccharine .....	209
3.2.3.3.4 – L'utilisation d'édulcorants intenses permet-elle de perdre du poids ? .....	209
<b>3.3 – Autres goûts</b> .....	211
3.3.1 – Le goût salé .....	211
3.3.2 – Le goût acide .....	212
3.3.3 – Le goût amer (café, thé, cacao) .....	213
<b>3.4 – Les enzymes</b> .....	218
3.4.1 – Exemples d'enzymes .....	219
3.4.2 – Quel est le rôle des enzymes dans la fabrication du pain ? .....	223
3.4.2.1 – Les amylases et la fermentation .....	223
3.4.2.2 – La lipoxigénase .....	225

<b>MANIPULATION 3.1 – Dérivé du D-galactose : di-O-isopropylidène-<math>\alpha</math>-D-galactopyranose</b> .....	<b>227</b>
3.1.1 – Synthèse du di-O-isopropylidène- $\alpha$ -D-galactopyranose .....	<b>228</b>
3.1.2 – Caractérisation .....	<b>230</b>
3.1.2.1 – Le spectre RMN $^1\text{H}$ .....	<b>230</b>
3.1.2.2 – La mécanique moléculaire .....	<b>234</b>
<b>MANIPULATION 3.2 – Cinétique d'hydrolyse acide du saccharose</b> .....	<b>237</b>
<b>MANIPULATION 3.3 – Café, thé, cacao</b> .....	<b>245</b>
3.3.1 – Extraction de la caféine du thé .....	<b>246</b>
3.3.2 – Synthèse de la caféine à partir de la théobromine .....	<b>253</b>
3.3.3 – Dosage de la caféine dans diverses boissons (Coca-Cola...) .....	<b>256</b>
<b>MANIPULATION 3.4 – Porphyrines</b> .....	<b>260</b>
3.4.1 – Synthèse de la méso-tétraphénylporphyrine et métallation .....	<b>263</b>
3.4.2 – Séparation de la chlorophylle d'un extrait d'herbe verte par chromatographie sur colonne de sable et sur papier .....	<b>271</b>
<b>MANIPULATION 3.5 – Thiamine (vitamine B1)</b> .....	<b>278</b>
3.5.1 – Cinétique d'échange isotopique .....	<b>279</b>
3.5.2 – Détermination du pKa de la thiamine .....	<b>283</b>
3.5.2.1 – Par dosage acido-basique .....	<b>285</b>
3.5.2.2 – Par $^1\text{H}$ RMN .....	<b>287</b>
<b>Bibliographie générale</b> .....	<b>291</b>
<b>Matériel utilisé</b> .....	<b>296</b>
<b>Index</b> .....	<b>297</b>
<b>Notices biographiques</b> .....	<b>301</b>
<i>Les chimistes qui font l'objet d'une notice, sont signalés dans l'ouvrage par un astérisque.</i>	

Il y a une chimie sur la recherche et entre l'identité diennes et d'autres disciplines...», sa cherché à p fesseurs de c de connais lait...), fondé la biologie e abandonnés techniques (r

La diffusion ne se résume sissent parm sent des c généralisati L'enseigne ressée au rô dans la cod nir l'identité quelques ex créateur de joué un rôle connaissan recherche si

Chaque suite d'un te

Valérie FENEUIL

Myriam PAGIS

Patrick PAGIS

31

EXPERIENCES

DE CHIMIE

**ENS**  
C A C H A N

DEPARTEMENT DE CHIMIE



## TABLE DES MATIERES

### 1. CHIMIE DE COORDINATION

Synthèse du chlorure de tris(éthylènediamine)cobalt(III).....	3
Détermination polarographique du nombre de ligands et de la constante de formation du complexe $\text{Co(en)}_3^{3+}$ .....	8
Synthèse d'un complexe cage du cobalt.....	14
Etude de quelques propriétés de $\text{Co}(\text{diNOsar})\text{Br}_3$ .....	19
Exemples de complexes avec le ligand acétylacétonate (acac) :	
$\text{Fe}(\text{acac})_3$ et $\text{Al}(\text{acac})_3$ .....	25
Synthèse du trioxalatochromate (III) de potassium.....	33
Détermination du nombre d'ions chlorure libres et coordonnés dans un complexe du chrome (III).....	39

### 2. ELECTROCHIMIE

Préparation électrochimique de l'aluminium.....	47
Application de la pile de Clark à la détermination d'un coefficient d'activité.....	50
Séparation d'un mélange de sels de cuivre et de plomb par électrogravimétrie.....	53
Dosage d'un mélange $\text{HCl}/\text{HClO}_4$ en milieu acide acétique.....	58
Expériences de voltammétrie cyclique.....	61
Réduction polarographique du benzaldéhyde.....	69
Electrolyse de Kolbe.....	77
Production électrolytique de phénols à partir de benzène.....	81

### 3. SOLUBILITE DES ELECTROLYTES

Caméléon chimique.....	89
Précipitation des sulfures.....	92



#### 4. CATALYSE

##### **Catalyse hétérogène**

Hydrogénation catalytique sur nickel de Raney.....	97
Procédé de contact.....	101

##### **Catalyse enzymatique**

Etude cinétique de la phosphatase alcaline.....	104
---	-----

#### 5. CHROMATOGRAPHIES

##### **Chromatographie sur gel**

Chromatographies du lait et du sang, séparation du glucose et de l'amidon.....	113
--	-----

##### **Chromatographie sur couche mince**

L'aspirine dans les produits pharmaceutiques.....	119
---	-----

#### 6. REACTIVITE DE QUELQUES COMPOSES ORGANIQUES

##### **Synthèse d'esters**

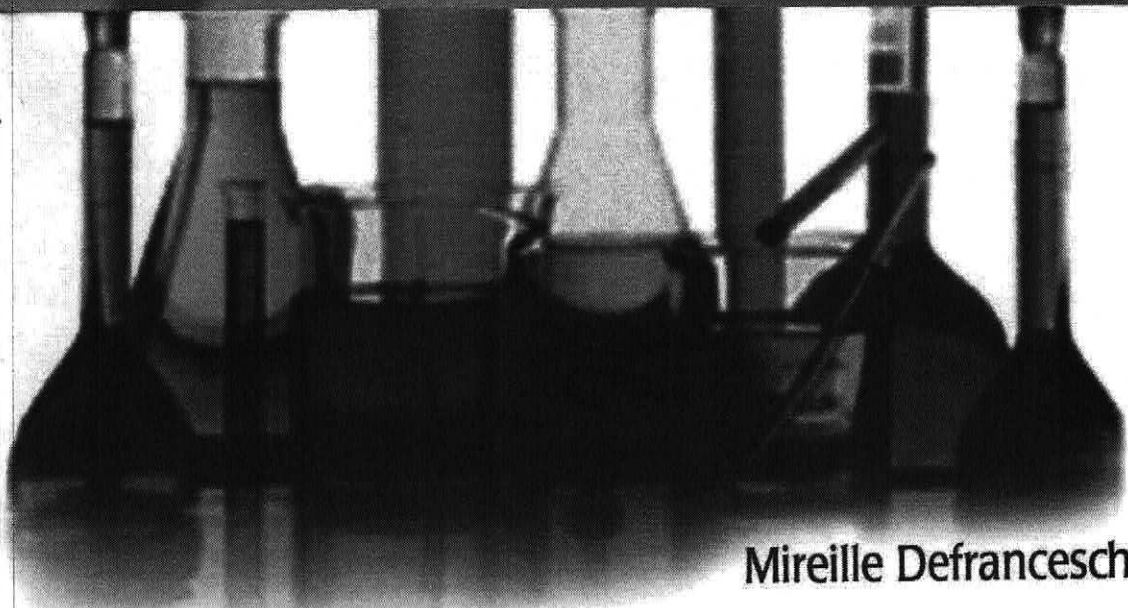
Synthèse d'un ester en l'absence de solvant.....	127
Transestérification .....	133
Oxydation de Baeyer-Villiger.....	136

##### **Réactions de quelques composés éthyléniques**

Exemple de réaction électrocyclique : photocyclisation du diphényl-1,2 éthylène-(E) en phénanthrène .....	140
Caractérisation des diphényl-1,2 éthylène-(Z) et -(E) par addition de brome.....	145
Synthèse des cis- et trans-cyclohexanediols .....	149
Ozonolyse.....	154
Polymérisation anionique du styrène.....	157

##### **Réduction d'une fonction carbonyle**

Réduction sélective des cétones en présence d'aldéhydes.....	164
--	-----



Mireille Defranceschi

# La chimie au quotidien



ellipses

## Table des matières

*La flamme est un agrégé, très tenu, composé de molécules du principe phlogistique et d'autres molécules terrestres, salines ou aqueuses, divisées par le mouvement qui entretient continuellement et produit cette flamme, et qui même les dissipe par sa continuité.*

J.F. Demachy (1728-1803), apothicaire

<b>1. La cosmétique et l'hygiène</b>	<b>1</b>
La cosmétologie d'hygiène	
La cosmétologie de prévention	
La cosmétologie de parure	
<b>2. L'habillement</b>	<b>43</b>
Les textiles de l'habillement quotidien	
Les textiles de haute technologie	
La teinture des textiles	
<b>3. Le culinaire</b>	<b>65</b>
Les céramiques	
Le verre, le Pyrex®, le cristal	
Fourchettes, couteaux et cuillers	
Les articles ménagers en plastique	
Les ustensiles de cuisson	
Les articles de cuisine jetables	
<b>4. L'entretien de la maison</b>	<b>77</b>
Le nettoyage du linge	
La vaisselle	



Les nettoyeurs multi-usage  
Les accessoires de nettoyage

**10**  
La  
Le  
La  
La  
L'i  
La  
Les

### 5. L'emballage

**93**

L'industrie de l'emballage plastique  
L'industrie de l'emballage métallique  
L'industrie de l'emballage en verre  
L'industrie de l'emballage en papier  
Quelle évolution pour l'emballage ?

**11**

### 6. L'énergie domestique, la production, l'utilisation

**105**

La production d'énergie pour le chauffage domestique  
Les nouvelles sources d'énergie  
L'énergie transportable  
L'éclairage domestique

Le  
Les  
Les  
Les  
Les  
Du

### 7. Le bricolage

**129**

Le bricolage d'entretien  
Le bricolage de décoration  
Le bricolage de prévention

### 8. La pollution

**157**

La pollution de l'eau  
La pollution de l'air  
La pollution de surface par les déchets solides  
Et les autres pollutions ...  
Le développement durable

### 9. Le traitement de l'eau

**177**

Les formes de pollution de l'eau  
Le traitement des matières particulaires  
Les traitements physico-chimiques de la pollution soluble  
La désinfection  
L'eau du robinet



**10. La valorisation des déchets** **189**

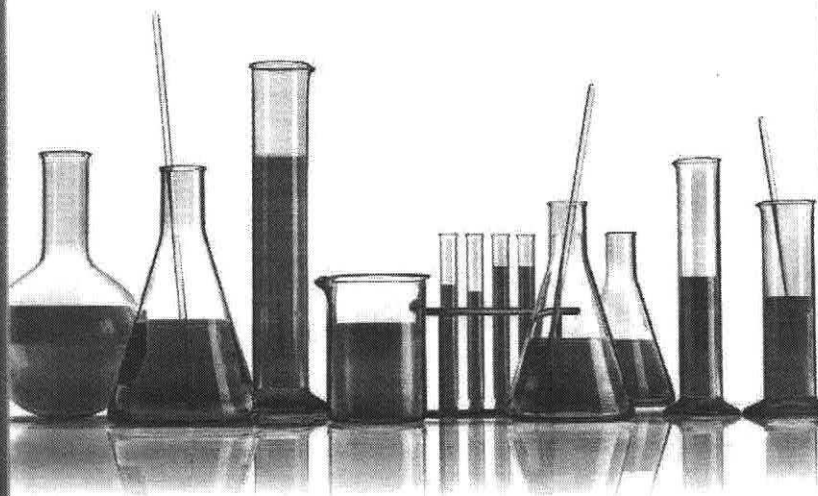
La récupération des matières premières  
Le recyclage des matières  
La réutilisation  
La valorisation énergétique  
L'incinération des ordures ménagères  
La mise en décharge  
Les logos qui nous entourent

**11. La physico-chimie** **203**

Le verre  
Les céramiques  
Les matières plastiques  
Les tensio-actifs  
Les colorants  
Du "bon usage" des produits chimiques

# La chimie des loisirs

Mireille Defranceschi



  
*ellipses poche.*



## Table des matières La chimie des loisirs

*isir, voila la plus grande joie  
s belle conquête de l'homme.*

Rémy de Gourmont  
(1858-1915)

Dans La Chimie au Quotidien  
quelques univers façonnés par  
us, elle apporte des solutions  
rs ou encore les transports...  
soles de jeux, DVD, lecteurs  
it pas, pas plus que les moyens  
2. Sans chimie, nous en serions  
en moins confortables. Bref,  
vie. Sans que nous en ayons  
ns de la chimie sans le savoir.

représente et dans lequel nous  
t différents aspects impliqués  
çu des différents composants  
ouvera ainsi des explications  
e voitures, du jardin ou bien  
jeux des détails de conception  
nt ainsi comprendre comment  
ice de piscines qu'un morceau  
illot de cycliste ou une coque  
comment actuellement, il est  
le-ci en la surpassant parfois

ge nouveau sur le monde qui  
a foi ! Il y a plus de quarante  
: je vous suis le plus obligé du

*Le simple écolier sait maintenant des vérités  
pour lesquelles Archimède eût sacrifié sa vie.*

Ernest Renan  
*Souvenirs d'enfance et de jeunesse (1883)*

### 1. La parure

1

Les bijoux  
Les parfums  
Les lentilles de contact et les verres ophtalmiques  
La maroquinerie

### 2. Les sports, les loisirs

61

Piscine et eau de mer  
Le matériel du sport  
Avant le numérique : photo et musique  
Farces et attrapes  
Les spectacles

### 3. Les échanges, les communications

83

Le papier  
Le stockage mécanique de l'information  
Le stockage magnétique de l'information  
Le stockage optique de l'information  
La transmission d'information très haut débit  
L'informatique  
Le temps et sa mesure

<b>4. L'automobile</b>	<b>113</b>
Les matériaux pour l'automobile	
La climatisation	
Les carburants	
La réduction de la pollution automobile	
Les lubrifiants	
Les pneumatiques	
Les airbags	
Les revêtements routiers	
La route demain	
<b>5. Le bâtiment</b>	<b>157</b>
Le gros œuvre	
Le second œuvre	
La décoration intérieure	
Le chauffage, la climatisation	
L'eau du robinet	
<b>6. Le jardin, les animaux domestiques</b>	<b>201</b>
L'amendement des sols	
Les herbicides et fongicides	
La chasse aux animaux nuisibles (insectes, rats, acariens, etc.)	
<b>7. Roches, minéraux et fossiles</b>	<b>257</b>
Les roches	
Les minéraux	
Les fossiles	

Ch  
La

De l

Dans la *Chimie au quotidien*, ont l'habillement, mais être propre et ha des chaussures, beaucoup d'entre nos tact, et finalement dans notre société des parfums et le port de bijoux sont sont ces différents points qui vont être

### 1. Les bijoux

Qui dit bijou dit or, argent, platine, et si jade, corail ou perles. Une gemme la dureté et l'inaltérabilité exceptionnelle, la glyptique<sup>1</sup> ou la bijouterie. Les usages de la bijouterie, de la joaillerie conditionnée par des critères subjectifs première brute destinée à la taille. Les à des époques et dans des civilisations vivacité de couleur, de transparence, au contraire la présence de zones avirétés microcristallines semi-opaques d'années. Certaines roches et matières gemmes en raison de leur utilisation. On divise les minéraux utilisés en bijoux, les pierres fines et les pierres précieuses est strictement limitée.

<sup>1</sup> Benjoin : Son principal composant est l'acétate de cinnamyle pour le benjoin de Sumatra. Il est obtenu à partir de la résine d'arbres de type *Sryax*.

<sup>2</sup> La glyptique est l'art de graver les pierres, notamment les agates, les cornalines, les améthystes.





*Les  
secrets  
de la  
casserole*

Hervé This

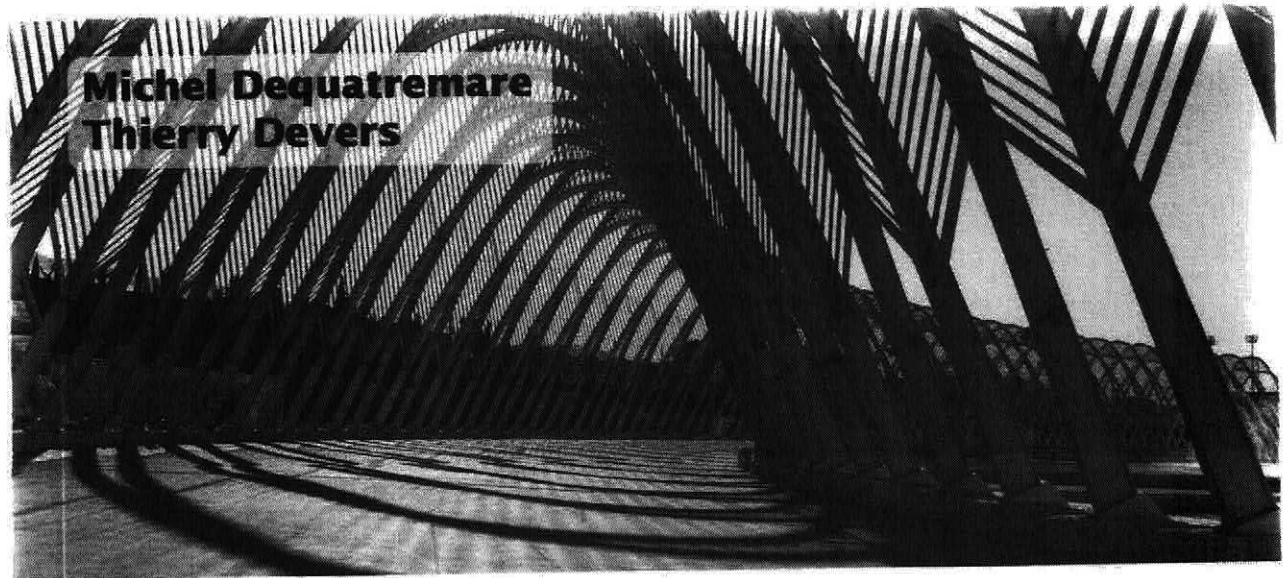
**BELIN**

# sommaire

La cuisine et la science	5
La nouvelle physiologie du goût	15
La soupe	32
Le lait	35
Gels, gelées, aspics	38
La mayonnaise	43
Les avatars de l'œuf	48
Un soufflé réussi ?	54
La cuisson	62
Bouilli et bouillon	67
L'étouffée	73
Le braisage	75
Poule au pot, pot-au-feu, blanquette	80
Questions de pression	82
Le rôtissage	85
Les fritures	91
Sautés et grillades	96
Encore plus tendre	99
La salaison	104
Les micro-ondes	107
Les légumes, couleur et fraîcheur	110
Les sauces : onctueuses, satinées, parfumées	118
Une question brûlante	134
La salade, oasis de fraîcheur	137

	Yaourt et fromage	140
	Les dons de Cérès	143
	Glaces et sorbets	146
	Des gâteaux mousseux et fondants	149
5	Les pâtes, brisées, sablées, feuilletées	155
15	Le sucre	161
32	Le pain	163
35	Le vin	174
38	Les alcools	184
43	Les confitures	188
48	Le thé	193
54	Le froid et le frais	197
62	Le vinaigre	200
67	Les ustensiles de la cuisine	203
73	Les mystères de la cuisine	207
75		
80	Glossaire	210
82	Index	218
85		
91		
96		
99		
104		
107		
110		
118		
134		
137		





**Michel Dequatremare  
Thierry Devers**

# **Précis des matériaux**

**De la conception aux contrôles**

Licence  
École  
d'ingénieurs

**DUNOD**

# Table des matières

<b>Avant-Propos</b>	<b>1</b>
<b>1 Historique des matériaux</b>	<b>2</b>
<b>2 Définition et classes des matériaux</b>	<b>4</b>
<b>3 Les liaisons</b>	<b>6</b>
<b>4 Les matériaux organiques</b>	<b>11</b>
<b>5 Les matériaux composites</b>	<b>17</b>
<b>6 Les matériaux minéraux</b>	<b>23</b>
<b>7 Les nanomatériaux</b>	<b>28</b>
<b>8 Structures et cristallographie</b>	<b>31</b>
<b>9 Les défauts dans les solides</b>	<b>36</b>
<b>10 Diffusion dans les solides</b>	<b>41</b>
<b>11 Essai de traction</b>	<b>45</b>
<b>12 La Résilience – Dureté</b>	<b>49</b>
<b>13 La Fatigue – Le Fluage</b>	<b>56</b>
<b>14 La corrosion</b>	<b>64</b>
<b>15 Préparation métallographique</b>	<b>70</b>
<b>16 Moyens de caractérisation et d'observation</b>	<b>74</b>
<b>17 Alliages et diagrammes d'équilibres</b>	<b>81</b>
<b>18 Désignation normalisée des aciers</b>	<b>89</b>
<b>19 Diagramme Fer-Carbone</b>	<b>95</b>
<b>20 Les aciers</b>	<b>98</b>
<b>21 Microstructure des aciers à l'équilibre</b>	<b>108</b>
<b>22 Les Fontes</b>	<b>112</b>
<b>23 Désignation des autres alliages métalliques courants</b>	<b>118</b>
<b>24 Les alliages d'aluminium</b>	<b>123</b>
<b>25 Les alliages de titane</b>	<b>130</b>

*Table des matières*

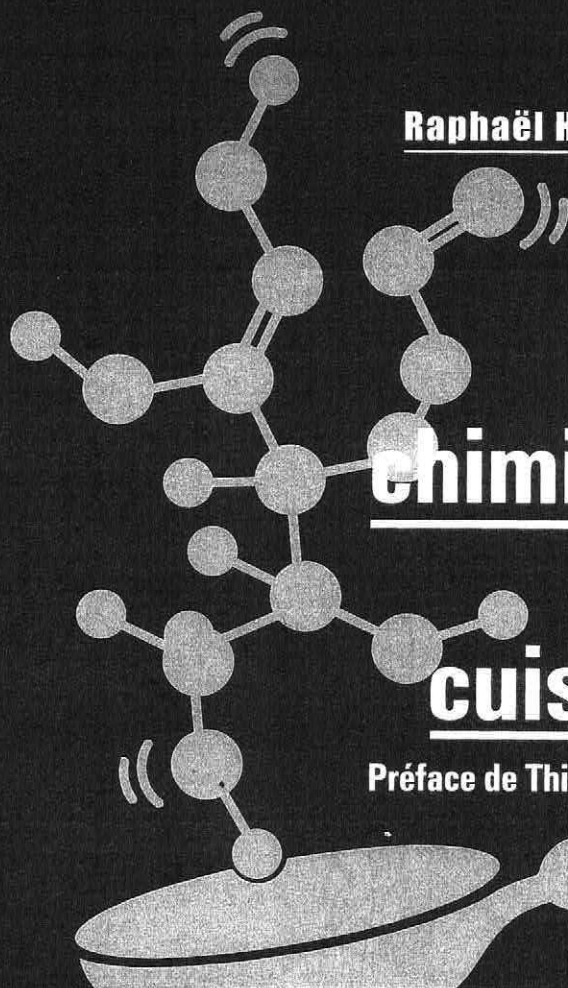
<b>26</b>	<b>Les alliages de cuivre</b>	<b>134</b>
<b>27</b>	<b>Les alliages de zinc – alliages de magnésium</b>	<b>141</b>
<b>28</b>	<b>Les alliages réfractaires</b>	<b>144</b>
<b>29</b>	<b>Trempe des aciers</b>	<b>147</b>
<b>30</b>	<b>Durcissement structural</b>	<b>155</b>
<b>31</b>	<b>Revenus – Recuits</b>	<b>160</b>
<b>32</b>	<b>Traitements thermochimiques de surface</b>	<b>162</b>
<b>33</b>	<b>Les traitements de surface</b>	<b>166</b>
<b>34</b>	<b>Défectologie et contrôle des matériaux</b>	<b>171</b>
<b>35</b>	<b>Inspection visuelle (VT) – Ressuage (PT)</b>	<b>179</b>
<b>36</b>	<b>Magnétoscopie (MT)</b>	<b>183</b>
<b>37</b>	<b>Radiographie X et Gammagraphie (RT)</b>	<b>188</b>
<b>38</b>	<b>Ultrasons (US)</b>	<b>192</b>
<b>39</b>	<b>Courants de Foucault (ET)</b>	<b>198</b>
<b>40</b>	<b>Émission acoustique</b>	<b>203</b>
<b>41</b>	<b>Sélection des matériaux</b>	<b>206</b>
	<b>Glossaire</b>	<b>210</b>
	<b>Bibliothèque des matériaux</b>	<b>219</b>



Raphaël Haumont

Un  
chimiste  
en  
cuisine

Préface de Thierry Marx



**RAPHAËL  
HAUMONT**

**EKHO**

48 tensioactif 131, 139, 144  
tequila sunrise 152  
téquila-sunset 153  
texture 112  
This, Hervé 22

ux 117  
0  
erse 123

**U**

ultra-sponge cake 155

**V**

viande 66  
vide 85  
vinaigrette 151  
vitamines 82, 84

103  
ullition 82

## Table des matières

Préface de Thierry Marx .....	5
Avant-propos.....	9
<b>Chapitre 1. Cuisine... Chimie... .....</b>	<b>17</b>
La cuisine moléculaire n'existe pas.....	17
Une cuisine techno-émotionnelle.....	20
Une cuisine rationnelle.....	21
Une cuisine chimique? .....	25
Structure, texture et motions culinaires .....	29
Des outils scientifiques pour les cuisiniers.....	30
La vinaigrette en équation? .....	31
Maîtrise et innovation .....	34
<b>Chapitre 2. Va te faire cuire un œuf!.....</b>	<b>37</b>
Peut-on cuire à froid?.....	44
Qui l'eût cuit! .....	49
Derniers réglages.....	58
<b>Chapitre 3. L'œuf ou la poule? Peu importe,</b>	
<b>    cuisinons les deux!.....</b>	<b>65</b>
Surface-volume .....	65
Tendreté: coagulation et hydrolyse.....	68

Jutosité: coagulation, et rétention d'eau.....	72
Couleur: coagulation et myoglobine .....	73
Et comme légumes?.....	75
Température et pression, nouvelles cuissons...	82
<b>Chapitre 4. Ça gèle ici!</b> .....	<b>87</b>
Pieds et mains liés .....	87
Mie de pain .....	92
Cassant.....	94
Retour au moelleux .....	97
Percolant .....	97
Aparté et part de quiche.....	99
Pectines, confitures et gels physiques.....	101
Des tours de main en un tournemain .....	107
Aspics (mortuaires) .....	110
Agar-agar, carraghénanes et autres gélifiants « modernes »... ..	113
Spaghettis végétaux .....	117
E406 bio.....	118
Des billes de saveurs.....	120
Dynamique culinaire .....	126
L'emballage de demain? .....	127
<b>Chapitre 5. Ça bulle, ça gaze, ça émulsionne!</b> .....	<b>131</b>
Apprendre de ses erreurs .....	132
Blanche mayonnaise.....	138
Mayonnaise cuite et dérivés.....	143

Émulsion mousseuse .....	144
Des textures connues...	
aux textures innovantes .....	147
Tranche de vinaigrette.....	151
Mousse à croquer .....	153
L'ultra-sponge cake .....	155
Chantilly nouvelles.....	157
Bavarois sans gélatine.....	162
Pâtisserie liquide, tomate incolore et autres effets centrifuges.....	164
<b>Épilogue. Balade en forêt rouge</b> .....	<b>167</b>
Art, science et cuisine.....	167
Démarche fractale .....	171
De l'art, de la science, et de la haute cuisine ....	175
Index.....	177