

# Table des matières

Comment utiliser cet ouvrage ?  
Avant-propos

XII  
XIV

## 1 – La structure des molécules

<b>Chapitre 1 De l'atome aux molécules</b>	1
Fiche 1 L'atome	2
Fiche 2 La liaison chimique	4
Fiche 3 L'hybridation	6
Fiche 4 L'écriture des molécules	8
Fiche 5 La géométrie des molécules	10
Fiche 6 Représentations de Cram, Newman et Fischer	12
Fiche 7 Les effets inductifs	14
Fiche 8 La liaison chimique délocalisée	16
Fiche 9 Les effets mésomères +M et –M	18
Fiche 10 Les effets électroniques : conséquences	20
Focus Les molécules de l'espace interstellaire	22
QCM	23
Exercices	25
<b>Chapitre 2 Dessiner et nommer les molécules</b>	27
Fiche 11 Les différents types d'isomérisation	28
Fiche 12 L'analyse conformationnelle de composés acycliques	30
Fiche 13 L'analyse conformationnelle de composés cycliques	32
Fiche 14 Les stéréodescripteurs Z/E et cis/trans	34
Fiche 15 Les stéréodescripteurs R/S, syn/anti, D/L	36
Fiche 16 Chiralité et activité optique	38
Fiche 17 L'énantiomérisation	40
Fiche 18 La diastéréoisomérisation	42
Fiche 19 Les techniques de quantification et de séparation des isomères	44
Fiche 20 Les principales classes de composés	46
Fiche 21 Les principes de la nomenclature	48
Fiche 22 La nomenclature des composés fonctionnels	50
Fiche 23 Les liaisons de Van der Waals	52
Fiche 24 La liaison hydrogène	54
Fiche 25 Les solvants	56
Fiche 26 Le rôle des solvants	58
Focus La découverte de la chiralité : de Pasteur à Le Bel et Vant'Hoff	60
QCM	61
Exercices	63
<b>Chapitre 3 Pratiquer, identifier</b>	65
Fiche 27 Les principaux montages	66
Fiche 28 Le déroulement d'une réaction	68
Fiche 29 Les différents procédés d'activation	70
Fiche 30 La chromatographie	72
Fiche 31 L'identification des molécules organiques	74

Fiche 32	La spectroscopie d'absorption	76
Fiche 33	La spectroscopie infrarouge (IR)	78
Fiche 34	La théorie de la RMN	80
Fiche 35	La RMN $^1\text{H}$ : déplacement chimique	82
Fiche 36	La RMN $^1\text{H}$ : intégration et couplage	84
Fiche 37	La spectrométrie de masse	86
Focus	<i>De la RMN à l'IRM : vers de nouvelles dimensions...</i>	88
QCM		89
Exercices		91

## 2 - La réaction chimique

<b>Chapitre 4 Réactifs et réactivité</b>		93
Fiche 38	Les acides et les bases	94
Fiche 39	La force des acides et des bases	96
Fiche 40	Les nucléophiles et les électrophiles	98
Fiche 41	Les oxydants et réducteurs	100
Fiche 42	Les différents types de sélectivité	102
Fiche 43	Les modèles prédictifs de la réactivité	104
Fiche 44	Comment prédire la sélectivité ?	106
Focus	<i>Modélisation et chimie in silico</i>	108
QCM		109
Exercices		111

<b>Chapitre 5 Comprendre la réaction</b>		113
Fiche 45	Les règles d'écriture des mécanismes	114
Fiche 46	Les différents états électroniques du carbone	116
Fiche 47	L'étape élémentaire	118
Fiche 48	Les réactions composées/complexes	120
Fiche 49	Notions de cinétique	122
Fiche 50	L'état de transition Le postulat de Hammond	124
Fiche 51	La catalyse	126
Fiche 52	Notions de thermodynamique : les équilibres	128
Fiche 53	Contrôle cinétique/thermodynamique ?	130
Focus	<i>Histoires de flèches...</i>	132
QCM		133
Exercices		135

<b>Chapitre 6 Classer les réactions par mécanisme</b>		137
Fiche 54	Les grands types de réaction	138
Fiche 55	La substitution nucléophile unimoléculaire : $\text{S}_{\text{N}}1$	140
Fiche 56	La substitution nucléophile bimoléculaire : $\text{S}_{\text{N}}2$	142
Fiche 57	Comparer les réactions de $\text{S}_{\text{N}}1$ et $\text{S}_{\text{N}}2$	144
Fiche 58	Autres substitutions nucléophiles	146
Fiche 59	La substitution électrophile aromatique : $\text{S}_{\text{E}}\text{Ar}$	148
Fiche 60	La substitution électrophile aliphatique : $\text{S}_{\text{E}}$	150
Fiche 61	Les additions nucléophiles $\text{A}_{\text{N}}$	152
Fiche 62	Les additions nucléophiles sur systèmes conjugués	154
Fiche 63	Les substitutions nucléophiles sur double liaison $\text{C}=\text{C}$ et $\text{C}=\text{O}$	156
Fiche 64	Les additions électrophiles : le carbocation	158
Fiche 65	Les additions électrophiles <i>via</i> l'ion ponté	160

Fiche 66	Les additions apolaires	162
Fiche 67	La cycloaddition de Diels-Alder	164
Fiche 68	L'élimination E1	166
Fiche 69	L'élimination E2	168
Fiche 70	Les autres types d'élimination	170
Fiche 71	Les réarrangements de carbocations	172
Fiche 72	Les autres réarrangements d'espèces électrophiles	174
Fiche 73	Les réarrangements sigmatropiques	176
Fiche 74	Les réactions radicalaires	178
Fiche 75	Les principaux oxydants	180
Fiche 76	Les réducteurs : dihydrogène et métaux	182
Fiche 77	Les hydrures réducteurs	184
Fiche 78	Les réactions d'oxydation	186
Fiche 79	Les réactions de réduction	188
Focus	<i>Chimie et COP21*</i>	190
QCM		191
Exercices		193

### 3 – Les fonctions et leur réactivité

<b>Chapitre 7</b>	<b>Les hydrocarbures</b>	195
Fiche 80	Les alcanes	196
Fiche 81	Les alcènes	198
Fiche 82	Les alcènes : hydrohalogénations	200
Fiche 83	Les alcènes : dihalogénations	202
Fiche 84	Les alcènes : hydratations	204
Fiche 85	Les alcènes : oxydations douces	206
Fiche 86	Les alcènes : oxydations dures	208
Fiche 87	Les alcènes : hydrogénation	210
Fiche 88	Les diènes	212
Fiche 89	Les diènes-1,3 dans la réaction de Diels-Alder	214
Fiche 90	Les alcynes	216
Fiche 91	Les alcynes : hydrohalogénations et halogénations	218
Fiche 92	Les alcynes : hydratations et oxydations	220
Fiche 93	Les alcynes : réductions	222
Focus	<i>Le méthane a de l'avenir</i>	224
QCM		225
Exercices		227
<b>Chapitre 8</b>	<b>Les aromatiques</b>	229
Fiche 94	Le benzène et son aromaticité	230
Fiche 95	La substitution électrophile aromatique (S <sub>E</sub> Ar) du benzène	232
Fiche 96	Les effets des substituants sur la S <sub>E</sub> Ar	234
Fiche 97	Les S <sub>E</sub> Ar sur un benzène polysubstitué	236
Fiche 98	Les S <sub>E</sub> Ar des aromatiques riches en électrons	238
Fiche 99	Autres réactions des aromatiques	240
Fiche 100	Les hétéroaromatiques	242
Fiche 101	La réactivité des hétéroaromatiques	244
Focus	<i>Aromaticité et couleur</i>	246
QCM		247
Exercices		249

<b>Chapitre 9 Les fonctions monovalentes</b>	251
Fiche 102 Les halogénoalcanes	252
Fiche 103 Les halogénoalcanes : substitution nucléophile ( $S_N$ ) et élimination (E)	254
Fiche 104 Les halogénoalcanes : compétition $S_N/E$	256
Fiche 105 Les alcools	258
Fiche 106 Les alcools : coupure des liaisons O–H ou C–O	260
Fiche 107 Les alcools : réactivité nucléophile	262
Fiche 108 Les alcools : halogénéation et oxydation	264
Fiche 109 Les polyols	266
Fiche 110 Les phénols	268
Fiche 111 Les éthers	270
Fiche 112 Les époxydes et les thiols	272
Fiche 113 Les amines : nomenclature et propriétés	274
Fiche 114 Les amines : synthèse par formation de la liaison C–N	276
Fiche 115 Les amines : synthèse par réduction de fonctions azotées	278
Fiche 116 Les amines : réactivité	280
Fiche 117 Les anilines	282
Fiche 118 Les organométalliques : synthèse et propriétés	284
Fiche 119 Les organométalliques : basiques et nucléophiles ?	286
Fiche 120 La nucléophilie des organométalliques	288
Fiche 121 Les ylures et les carbènes	290
Focus <i>La cinétique qui s'emballe : les matériaux énergétiques</i>	292
QCM	293
Exercices	295
<b>Chapitre 10 Les fonctions divalentes</b>	297
Fiche 122 Les aldéhydes et les cétones	298
Fiche 123 Les aldéhydes et les cétones : additions d'alcools et de thiols	300
Fiche 124 Les aldéhydes et les cétones : addition d'amines primaires	302
Fiche 125 Les aldéhydes et les cétones : additions d'amines secondaires	304
Fiche 126 Les aldéhydes et les cétones : additions de nucléophiles carbonés	306
Fiche 127 Les additions nucléophiles de l'ion cyanure aux aldéhydes et aux cétones	308
Fiche 128 Les aldéhydes et les cétones : la réaction de Wittig	310
Fiche 129 Les aldéhydes et les cétones : réductions	312
Fiche 130 Les aldéhydes et cétones : oxydations	314
Fiche 131 Les aldéhydes et les cétones : acidité en position $\alpha$ du carbonyle	316
Fiche 132 Les aldéhydes et les cétones : régiosélectivité de l'énolisation	318
Fiche 133 Les aldéhydes et les cétones : halogénéation en position $\alpha$ du carbonyle	320
Fiche 134 Les aldéhydes et les cétones : alkylation des énolates	322
Fiche 135 Les aldéhydes et les cétones : aldolisation	324
Fiche 136 Les aldéhydes et les cétones : aldolisation croisée et réaction de Mannich	326
Fiche 137 L'addition conjuguée sur les aldéhydes et les cétones $\alpha,\beta$ -éthyléniques	328
Fiche 138 L'addition de Michael et l'annélation de Robinson	330
Focus <i>Les parfums</i>	332
QCM	333
Exercices	335
<b>Chapitre 11 Les fonctions trivalentes</b>	339
Fiche 139 Les principales fonctions trivalentes	340
Fiche 140 Les acides carboxyliques	342
Fiche 141 Les réactions des nucléophiles avec les acides carboxyliques	344
Fiche 142 Les halogénures d'acyle	346

Fiche 143	Les anhydrides d'acides	348
Fiche 144	Les esters : synthèses	350
Fiche 145	Les esters : réactivité	352
Fiche 146	Les esters : acidité en position $\alpha$ du carboxyle	354
Fiche 147	Les esters : les réactions de condensation	356
Fiche 148	Les amides : synthèse et hydrolyse	358
Fiche 149	Les amides : réactivité	360
Fiche 150	Les nitriles	362
Fiche 151	Les composés dicarboxylés	364
Fiche 152	Synthèses des composés dicarboxylés	366
Fiche 153	Les réactions des composés 1,3-dicarboxylés	368
Focus	<i>Les amides de la vie</i>	370
QCM		371
Exercices		373

## Chapitre 12 Les fonctions tétravalentes 377

Fiche 154	Les principales fonctions tétravalentes	378
Fiche 155	Le dioxyde et le disulfure de carbone	380
Fiche 156	Le phosgène	382
Fiche 157	Les carbamates et les urées	384
Focus	<i>Le CO<sub>2</sub> dans tous ses états</i>	386
QCM		387

## 4 – Les applications de la chimie organique

### Chapitre 13 La chimie fine 389

Fiche 158	La synthèse : vocabulaire et stratégie	390
Fiche 159	Les principes de la rétrosynthèse	392
Fiche 160	Les groupes protecteurs : généralités et alcools	394
Fiche 161	Les groupes protecteurs : amines et dérivés carbonyles	396
Fiche 162	La synthèse asymétrique	398
Fiche 163	Les méthodes en synthèse asymétrique	400
Fiche 164	Les couplages organométalliques et la métathèse des oléfines	402
Fiche 165	La catalyse et la biocatalyse en synthèse organique	404
Fiche 166	La synthèse multi-étapes : exemple du Tamiflu®	406
Fiche 167	Quelques applications en agrochimie	408
Fiche 168	Quelques applications en cosmétique	410
Focus	<i>Le plein d'énergie électrique</i>	412
QCM		413
Exercices		415

### Chapitre 14 Les biomolécules 417

Fiche 169	Les acides $\alpha$ -aminés	418
Fiche 170	Les propriétés acido-basiques des acides $\alpha$ -aminés	420
Fiche 171	La synthèse des peptides	422
Fiche 172	La structure des peptides	424
Fiche 173	Les protéines	426
Fiche 174	Les glucides	428
Fiche 175	Les monosaccharides	430
Fiche 176	Les réactions des monosaccharides	432
Fiche 177	Les polysaccharides et glucides aminés	434

Fiche 178	Les acides nucléiques	436
Fiche 179	L'ADN et l'ARN	438
Fiche 180	Les acides gras	440
Fiche 181	Les lipides « saponifiables »	442
Fiche 182	Les terpènes et stéroïdes	444
Fiche 183	Les alcaloïdes	446
Fiche 184	La chimie organique des processus biologiques	448
Focus	<i>Chimie et imagerie médicale</i>	450
QCM		451
Exercices		453
<b>Chapitre 15</b>	<b>La chimie industrielle</b>	<b>455</b>
Fiche 185	La chimie organique industrielle	456
Fiche 186	Quelques transformations de l'éthylène	458
Fiche 187	Quelques transformations du propène	460
Fiche 188	Quelques transformations du monoxyde de carbone	462
Fiche 189	Le benzène et quelques dérivés	464
Fiche 190	L'industrie des amines	466
Fiche 191	Les polymères organiques	468
Fiche 192	Les réactions de polymérisation	470
Fiche 193	La chimie verte	472
Fiche 194	Chimie et ressources renouvelables	474
Focus	<i>Les textiles intelligents</i>	476
QCM		477
<b>Chapitre 16</b>	<b>Annexes</b>	<b>479</b>
Fiche 195	Les noms de composés usuels et de quelques hétérocycles	480
Fiche 196	La verrerie et l'équipement	482
Fiche 197	Les bonnes pratiques de sécurité	484
Fiche 198	Mémo : les alcènes	486
Fiche 199	Mémo : les dérivés halogénés	487
Fiche 200	Mémo : les alcools	488
Fiche 201	Mémo : les amines	489
Fiche 202	Mémo : les dérivés carbonylés	490
Fiche 203	Mémo : les acides carboxyliques	492
Fiche 204	Mémo : les dérivés d'acides carboxyliques	493
Fiche 205	pKa de quelques couples en solution aqueuse à 298 K	494
Fiche 206	Potentiels standards de quelques couples redox en solution aqueuse à 298 K	495
Fiche 207	Déplacements chimiques $\delta$ en RMN $^1\text{H}$ de protons caractéristiques dans les solvants deutérés usuels [ $\text{CDCl}_3$ , $(\text{CD}_3)_2\text{O}$ , $\text{CD}_3\text{OD}$ ...]	496
Fiche 208	Constantes de couplage $J_{\text{H,H}'}$ caractéristiques en RMN $^1\text{H}$ : 0 – 18 Hz	497
Fiche 209	Domaines d'absorption IR caractéristiques de quelques groupes fonctionnels*	498
Fiche 210	Tables des énergies et longueurs de liaisons	499
Fiche 211	Propriétés des solvants	500
	<b>Corrigés des exercices</b>	<b>501</b>
	<b>Références bibliographiques</b>	<b>550</b>
	<b>Acronymes</b>	<b>551</b>
	<b>Index</b>	<b>553</b>