

TABLE DES MATIÈRES

Module 1 Chimie structurale	2
Chapitre 1 Structure de l'atome et classification périodique	4
Introduction	5
1.1 Structure de l'atome	5
1.1.1 Rappels sur les particules élémentaires	6
1.1.2 Éléments connus et éléments importants en biologie	7
Définition d'un élément.	7
Noms et symboles des éléments.	7
Éléments importants en biologie	8
1.1.3 Numéro atomique, nombre de masse atomique et masse molaire atomique	9
Numéro atomique, Z	10
Nombre de masse atomique, A	10
Masse molaire atomique	11
1.1.4 Notion d'isotopes	11
1.1.5 Isotopes radioactifs	12
Stabilité des isotopes	13
Types de radioactivité	13
Temps de demi-vie	14
Radioactivité naturelle ou artificielle	14
1.1.6 Dangers de la radioactivité: radioexposition et contamination	15
Effet ionisant et conséquences	15
Dangers de la radioexposition	16
Dangers de la contamination	17
<i>Les isotopes comme traceurs ultrasensibles</i>	18
1.1.7 Stabilité des éléments et phénomène naturel d'ionisation	19
Formation d'ions	19
Définitions et symboles des ions	19
1.2 Classification périodique et propriétés des éléments	20
1.2.1 Relations logiques selon la position des éléments	21
<i>L'apport de Mendeleïev à la classification périodique</i>	23-24
1.2.2 Informations utiles d'un tableau périodique détaillé	24
1.2.3 Caractéristiques et rôles biologiques des métaux	25
Métaux alcalins	25
Métaux alcalinoterreux	27
<i>L'importance du magnésium en élevage et en agriculture</i>	28
Métaux de transition	29
1.2.4 Non-métaux et constituants des structures biologiques	29
Non-métaux	30
Métalloïdes	30
1.2.5 Caractéristiques et rôles biologiques des halogènes	31
<i>L'action métabolique du fluorure et sa relation avec la carie</i>	31-32
1.2.6 Gaz inertes	32
1.3 Modèles de l'atome et répartition des électrons	33
1.3.1 Modèles de l'atome	34
Modèle de Bohr	34
Modèle probabiliste	35
1.3.2 Description des orbitales atomiques	37
Désignation des orbitales	37
Forme des orbitales	37
<i>La différence entre orbitale et orbite</i>	39
1.3.3 Classement des orbitales	40
1.3.4 Règles d'occupation des orbitales atomiques	43
1.3.5 Exceptions aux règles d'occupation des orbitales	46
<i>Les configurations électroniques et la spectroscopie</i>	49
1.3.6 Stabilité relative des configurations électroniques	49

1.4	Électrons périphériques et propriétés chimiques des éléments.....	50
1.4.1	Définition et identification des électrons internes et périphériques.....	50
1.4.2	Relation entre électrons périphériques et propriétés chimiques.....	54
1.4.3	Ionisation et tendance à la stabilité des configurations électroniques.....	57
	Formation de quelques ions simples.....	58
	Éléments pouvant former plus d'un ion stable.....	60
	Ionisation de deux éléments d'une même période.....	61
	<i>L'analyse des ions par la couleur de la flamme</i>	62
	Résumé.....	62
	MOTS-CLÉS.....	64
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION.....	65
Chapitre 2 Liaison chimique et structure des molécules		68
	Introduction.....	69
2.1	Principaux types de liaisons chimiques.....	69
2.1.1	Formation de la liaison ionique.....	70
2.1.2	Liaison covalente simple pure.....	71
	<i>La molécule de dihydrogène</i>	73
2.1.3	Liaison covalente simple polaire.....	74
2.1.4	Électronégativité et frontière entre les trois types de liaisons.....	75
	<i>Linus Pauling, un colosse de la chimie et de la biochimie</i>	78
2.1.5	Liaisons covalentes double et triple.....	79
	Liaison covalente double pure.....	79
	<i>L'adaptation à l'altitude</i>	79
	Liaison covalente triple pure.....	80
	<i>Les bactéries fixatrices d'azote</i>	80
	Liaisons covalentes polaires double ou triple.....	81
2.1.6	Comparaison des principaux types de liaisons chimiques.....	82
2.1.7	Nombre total de liaisons autour d'un atome.....	84
2.2	Géométrie des liaisons et théorie de l'hybridation.....	86
2.2.1	Géométrie des liaisons.....	87
2.2.2	Modèles moléculaires.....	87
	<i>L'importance des modèles moléculaires dans la découverte de la double hélice d'ADN</i>	88
	<i>Le méthane, un produit naturel</i>	90
2.2.3	Théorie de l'hybridation.....	91
	Principes de l'hybridation.....	91
	Généralisation de l'hybridation sp^3	94
	Validation de la théorie de l'hybridation.....	95
2.2.4	Hybridation des atomes formant des liaisons multiples.....	96
	Hybridation sp^2	97
	Hybridation sp	100
2.2.5	Liaison sigma (σ) et liaison pi (π).....	102
2.2.6	Écriture de la formule détaillée de molécules.....	103
2.3	Liaison de coordination.....	106
2.3.1	Formation de l'ion ammonium.....	107
2.3.2	Importance de la liaison de coordination.....	108
2.4	Stabilité des liaisons et réactivité des molécules.....	110
2.4.1	Facteurs influant sur la stabilité des liaisons.....	111
2.4.2	Réactivité des molécules.....	113
	<i>La sélection naturelle des constituants de la matière vivante</i>	115
	Résumé.....	116
	MOTS-CLÉS.....	117
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION.....	118
Chapitre 3 Rappels et compléments de symbolisme chimique		120
	Introduction.....	121
3.1	Nomenclature chimique.....	121
3.1.1	Élément, corps simple et corps composé.....	121
3.1.2	Composés covalents et composés ioniques.....	123

3.1.3	Corps purs et mélanges	124
3.2	Formules chimiques	125
3.2.1	Formule brute	125
3.2.2	Formules développée et semi-développée	126
3.2.3	Formule de Lewis	128
	Formule de Lewis de KNO_2	128
	Formule de Lewis de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	130
3.3	Écriture des réactions	130
3.3.1	Conventions sur les composés	131
3.3.2	Conventions sur le sens de la réaction	131
	<i>Le meilleur et le pire de l'ozone</i>	133
3.3.3	Autres conventions	134
3.3.4	Types d'équations de réaction	136
3.3.5	Équilibrage des équations chimiques	138
3.4	Degrés d'oxydation	140
3.4.1	Définition du degré d'oxydation	140
3.4.2	Règles de calcul des degrés d'oxydation	141
3.4.3	Exemples de calculs	142
	Composé Na_2O_2	142
	Composé MnCl_2	143
	<i>Les oligoéléments</i>	144-145
	Ion ClO_4^-	146
	Composé H_3PO_4	146
	Composé CaSO_3	147
3.4.4	Utilité des degrés d'oxydation	147
3.5	Nomenclature inorganique	148
	<i>Comment nettoyer sans polluer</i>	150-151
3.5.1	Identification d'un composé inorganique	151
	Composé HNO_2	154
	Composé N_2O_5	154
	Composé PH_3	154
	Composé $\text{Ba}(\text{HS})_2$	156
	Composé CoF_2	156
	Composé MgSO_3	156
	Composé $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	156
3.5.2	Nomenclature des acides inorganiques	156
3.5.3	Nomenclature des bases inorganiques	158
	<i>Seuil de l'odeur et seuil de toxicité du sulfure de dihydrogène</i>	159
3.5.4	Nomenclature des oxydes	160
	<i>Les pluies acides</i>	162-163
3.5.5	Nomenclature des sels	164
	Dissociation d'un sel	164
	Désignation des ions	165
	Construction du nom d'un sel	167
	<i>La pollution par les rejets miniers</i>	168
	Résumé	169
	MOTS-CLÉS	170
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	171
Chapitre 4 Attractions intermoléculaires		174
	Introduction	175
4.1	Principales attractions intermoléculaires	175
4.1.1	Comparaison entre les liaisons chimiques et les attractions intermoléculaires	176
4.1.2	Forces de London	176
4.1.3	Forces de Keesom et composés polaires	180
4.1.4	Détermination de la polarité des molécules	182
4.1.5	Ponts hydrogène	185
	<i>L'originalité des propriétés de l'eau</i>	187-188
4.1.6	Attractions ioniques	189

4.1.7	Panorama des attractions intermoléculaires.....	190
4.2	Attractions intermoléculaires dans les mélanges.....	190
4.2.1	Relation entre la solubilité et la polarité des molécules.....	192
4.2.2	Solubilisation et attractions intermoléculaires.....	194
	<i>L'absorption des médicaments par la peau.....</i>	196
4.2.3	Comportement de substances non polaires dans l'eau et attractions hydrophobes... <i>La chromatographie.....</i>	197 200-201
4.2.4	Importance biologique des attractions intermoléculaires..... <i>Les phospholipides et les membranes cellulaires.....</i>	201 204-205
4.3	Énergie des attractions et propriétés physiques.....	205
4.3.1	Différence d'énergie entre les attractions intermoléculaires et les liaisons.....	205
4.3.2	Énergie des diverses attractions intermoléculaires.....	206
4.3.3	Effet des attractions sur les propriétés physiques d'une substance pure.....	209
	Résumé.....	211
	MOTS-CLÉS.....	212
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION.....	213
Module 2 Chimie organique.....		216
Chapitre 5 Structure et caractérisation des molécules organiques.....		218
	Introduction.....	219
5.1	Structure générale des molécules.....	219
5.1.1	Diversité des structures.....	219
5.1.2	Groupes fonctionnels et squelette des molécules organiques.....	221
5.1.3	Isomérie.....	224
5.2	Isolement des molécules organiques.....	227
5.2.1	Extraction par un solvant.....	228
5.2.2	Entraînement à la vapeur..... <i>Les plantes médicinales sous la loupe de la recherche scientifique moderne.....</i>	229 231-232
5.2.3	Purification des substances.....	232
5.3	Détermination de la structure.....	234
5.3.1	Détermination de la formule.....	234
5.3.2	Principes généraux de spectroscopie.....	234
5.3.3	Spectres d'absorption en lumière infrarouge.....	238
5.3.4	Résonance magnétique nucléaire.....	241
5.4	Réactions en chimie organique.....	245
5.4.1	Hétérolyse et homolyse.....	245
5.4.2	Interconversion des groupes fonctionnels.....	247
	Résumé.....	249
	MOTS-CLÉS.....	249
Chapitre 6 Hydrocarbures saturés ou alcanes.....		250
	Introduction.....	251
6.1	Alcanes acycliques.....	252
6.1.1	Structure des alcanes acycliques.....	252
6.1.2	Nomenclature des alcanes acycliques.....	256
	Alcanes normaux.....	256
	Alcanes ramifiés.....	257
6.1.3	Conformation des alcanes acycliques.....	261
6.2	Cyclanes.....	262
6.2.1	Structure des cyclanes.....	262
6.2.2	Nomenclature des cyclanes..... <i>Les hydrates de gaz.....</i>	265 266
6.2.3	Conformation des cyclanes.....	267
6.2.4	Isomérie <i>cis-trans</i> dans les cyclanes.....	270
6.3	Propriétés des alcanes.....	272
6.3.1	Propriétés physiques.....	272
	Ébullition et fusion.....	272
	Solubilité dans l'eau.....	273
	<i>Les marées noires.....</i>	274

6.3.2	Combustion des alcanes	275
	<i>L'effet de serre et le dioxyde de carbone</i>	277-278
6.4	Sources naturelles et industrielles d'alcanes	278
	<i>L'origine du pétrole</i>	280
	Résumé	281
	MOTS-CLÉS	281
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	282
Chapitre 7 Hydrocarbures insaturés		284
	Introduction	285
7.1	Hydrocarbures insaturés non aromatiques	285
7.1.1	Structure	285
7.1.2	Nomenclature	286
	<i>L'éthène comme hormone végétale</i>	289
7.1.3	Isomérie <i>cis-trans</i> autour des liaisons doubles	290
7.1.4	Réactions d'addition de molécules symétriques	296
	Hydrogénation	296
	<i>La margarine et les huiles hydrogénées</i>	298-299
	Halogénéation	299
7.1.5	Réaction d'addition de molécules dissymétriques	302
	Addition d'eau	302
	Autres additions de molécules dissymétriques	306
	<i>Les végétaux et les allergies de contact</i>	307-308
7.1.6	Réaction d'ozonolyse	308
7.1.7	Réactions d'addition entre liaisons doubles	310
	Polymérisation d'éthène	310
	Additions et cyclisation de diènes	312
7.2	Hydrocarbures aromatiques	316
7.2.1	Structure des hydrocarbures aromatiques	316
7.2.2	Nomenclature des hydrocarbures aromatiques	319
7.2.3	Réaction de substitution	322
7.2.4	Réactifs de substitution et effet orienteur des substituants	325
7.2.5	Effets biologiques des hydrocarbures aromatiques	328
7.3	Sources d'alcènes et d'alcynes	329
	Résumé	331
	MOTS-CLÉS	333
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	334
Chapitre 8 Alcools, phénols et thiols		336
	Introduction	337
8.1	Alcools	338
8.1.1	Structure et nomenclature des alcools	338
8.1.2	Propriétés physiques	341
	<i>Les substances inflammables</i>	343
8.1.3	Réaction de déshydratation	344
8.1.4	Estérification par les acides inorganiques	349
	Esters phosphoriques	350
	Esters sulfuriques	351
8.1.5	Réaction d'oxydation	352
	Oxydation par perte d'hydrogène	352
	<i>Les phéromones et la protection des forêts</i>	355
	Oxydation par gain d'oxygène	356
	<i>La différence entre un euphorisant et des poisons mortels</i>	358
8.2	Phénols	359
8.2.1	Nomenclature	359
8.2.2	Propriétés physiques	361
8.2.3	Réaction acidobasique	361
8.2.4	Réactions de substitution	365
8.2.5	Réaction d'oxydation	366
	<i>Les fragiles équilibres vitaminiques entre le trop et le trop peu</i>	370-371

8.3	Thiols.....	371
8.3.1	Nomenclature	372
8.3.2	Propriétés physiques	373
8.3.3	Oxydation des thiols.....	373
8.3.4	Complexation avec les métaux lourds.....	376
	<i>Les intoxications par le mercure.....</i>	378
8.4	Sources d'alcools, de phénols et de thiols.....	379
	<i>Les déchets de l'industrie papetière.....</i>	381
	Résumé	382
	MOTS-CLÉS.....	384
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	385
Chapitre 9 Amines et hétérocycles azotés		388
	Introduction	389
9.1	Caractères généraux	390
9.1.1	Structure et nomenclature des amines.....	390
9.1.2	Structure et nomenclature des hétérocycles azotés.....	393
9.1.3	Propriétés physiques	396
	<i>L'intoxication par les huiles espagnoles.....</i>	397
9.2	Propriétés chimiques	398
9.2.1	Mesure de la basicité des amines	398
9.2.2	Formation de sels d'alkyles ammoniums	400
9.2.3	Formation d'ammoniums quaternaires	402
9.2.4	Oxydation des diamines aromatiques et des hétérocycles azotés	405
9.2.5	Condensation des amines secondaires	406
	Formation des nitrosamines.....	407
	Formation des sulfonamides	408
9.3	Amines et hétérocycles azotés d'importance biologique.....	410
9.3.1	Neuromédiateurs, hormones et médicaments de l'état d'éveil	410
9.3.2	Neuromédiateurs, hormones et médicaments de la faim et du sommeil	412
	<i>Les amphétamines et le circuit de la récompense</i>	415
9.3.3	Molécules des réactions allergiques.....	416
9.3.4	Pigments et colorants	418
9.4	Sources d'amines et d'hétérocycles azotés	420
	<i>Le photopériodisme</i>	423-424
	Résumé	424
	MOTS-CLÉS.....	426
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	427
Chapitre 10 Acides, esters et amides		432
	Introduction	433
10.1	Acides.....	434
10.1.1	Nomenclature des acides	434
10.1.2	Propriétés physiques	437
	<i>La nomenclature des acides gras</i>	438
10.1.3	Mesure de l'acidité	439
10.1.4	Réaction avec les bases fortes.....	441
10.1.5	Estérification.....	443
	<i>Les gibbérélines et les hormones végétales</i>	447-448
10.1.6	Amidation	448
	<i>L'Aspirine^{MP} et ses concurrents</i>	450-451
10.1.7	Décarboxylation	452
	<i>L'acide indolacétique et les régulateurs végétaux artificiels.....</i>	455
10.2	Esters	456
10.2.1	Structure des esters.....	456
10.2.2	Nomenclature des esters	456
10.2.3	Propriétés physiques	458
10.2.4	Hydrolyse d'ester.....	459
10.2.5	Saponification.....	460
	<i>L'action des détergents et des savons.....</i>	462

10.3	Amides	464
10.3.1	Structure et géométrie de la fonction amide et liaison peptidique	464
10.3.2	Nomenclature	465
10.3.3	Hydrolyse d'amide	468
	Hydrolyse en milieu acide	469
	Hydrolyse en milieu basique	469
	<i>La pénicilline et les antibiotiques</i>	471
10.3.4	Complexation de l'azote avec des ions métalliques bivalents	472
10.4	Sources d'acides, d'esters et d'amides	474
	Résumé	477
	MOTS-CLÉS	478
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	479
Chapitre 11 Aldéhydes et cétones		482
	Introduction	483
11.1	Caractères généraux	484
11.1.1	Nomenclature	484
11.1.2	Propriétés physiques	487
11.2	Réactions chimiques	488
	<i>L'arôme du vin</i>	489
11.2.1	Tautomérie	491
11.2.2	Formation d'hémiacétal et d'acétal	493
	Réaction de la fonction carbonyle avec les alcools	493
	Formation d'hémiacétal de glucides	497
	Formation d'acétal à partir de glucides	499
11.2.3	Bases de Schiff	501
11.2.4	Réaction d'aldolisation	504
	<i>Le vieillissement du cognac</i>	508-509
11.2.5	Réduction des aldéhydes et des cétones	509
	<i>L'acide lactique et la fatigue musculaire</i>	510-511
11.2.6	Oxydation d'aldéhyde	511
	Oxydation enzymatique d'aldéhydes	512
	Oxydation servant à identifier des glucides	513
11.3	Sources d'aldéhydes et de cétones	515
	Résumé	518
	MOTS-CLÉS	519
	EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	520
Module 3 Compléments de chimie organique		524
Chapitre 12 Stéréochimie		526
	Introduction	527
12.1	Lumière polarisée et activité optique	527
12.1.1	Lumière naturelle et lumière polarisée	527
12.1.2	Constitution d'un polarimètre	528
12.1.3	Utilisation du polarimètre et mesure de l'activité optique	530
	<i>Les animaux sensibles à la polarisation de la lumière</i>	531
12.2	Stéréo-isomérie	533
12.2.1	Carbone asymétrique et activité optique	534
12.2.2	Stéréo-isomères et énantiomères	536
12.2.3	Projection de Fischer	539
	<i>L'analyse des météorites et la matière organique extraterrestre</i>	543
12.3	Molécules ayant plus d'un carbone asymétrique	543
12.3.1	Nombre total de stéréo-isomères	543
12.3.2	Diastéréo-isomères	546
	<i>Les différences entre énantiomères et diastéréo-isomères</i>	546-547
12.3.3	Mésomères	548
	<i>La dénomination des glucides</i>	550
12.3.4	Importance de la chiralité en physiologie et en biochimie	551

Résumé	553
MOTS-CLÉS	554
EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	555
Chapitre 13 Composés halogénés	558
Introduction	559
13.1 Propriétés physiques et chimiques	560
13.1.1 Propriétés physiques	560
13.1.2 Réaction d'élimination	562
<i>La relation entre le mécanisme et l'équation de vitesse d'une réaction.</i>	566-567
13.1.3 Réaction de substitution sur un composé aliphatique	567
<i>Les variations de la basicité et du caractère nucléophile.</i>	571
13.1.4 Réaction de substitution dans les composés aromatiques	571
13.2 Usages et effets biologiques	572
13.2.1 Chlorurofluorurocarbones (CFC)	573
13.2.2 Biphényles polychlorés (BPC)	574
<i>L'accumulation des BPC dans la chaîne alimentaire.</i>	576-577
13.2.3 Composés antiparasitaires ou pesticides	578
<i>Le mode d'action des cancérrogènes et des perturbateurs endocriniens.</i>	581-582
13.2.4 Anesthésiques	582
13.3 Sources de composés halogénés	584
Résumé	586
MOTS-CLÉS	587
EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	588
Chapitre 14 Polymères	592
Introduction	593
14.1 Principaux polymères produits par addition, condensation et polymérisation mixte	594
14.1.1 Polymérisation par addition d'alcènes	594
14.1.2 Polymérisation entre fonctions oxygénées et azotées	597
14.1.3 Polymérisation mixte et matériaux composites	601
<i>La genèse des protéines.</i>	603-604
14.2 Structure des polymères	604
14.2.1 Longueur des chaînes	604
<i>La filtration sur gel.</i>	606-607
14.2.2 Structures des homopolymères linéaires	608
14.2.3 Structures des homopolymères ramifiés et réticulés	609
14.2.4 Structure des hétéropolymères	609
<i>Les protéines réticulées et le vieillissement.</i>	610-611
14.3 Propriétés des polymères	612
14.3.1 Formes physiques et transformations des polymères	612
14.3.2 Résistance physique et chimique	613
14.3.3 Dégradation et recyclage	614
Résumé	617
MOTS-CLÉS	618
EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	619
RÉPONSES AUX EXERCICES	622
RÉPONSES AUX EXERCICES D'AUTOÉVALUATION	685
ANNEXE	755
MÉDIAGRAPHIE THÉMATIQUE	759
INDEX	762
TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES	C3