

# Table des matières

<b>I</b>	<b>UE1</b>	<b>19</b>
<b>1</b>	<b>Chimie organique : Atomistique</b>	<b>21</b>
1.1	Le photon . . . . .	23
1.2	Cas particuliers de spectres d'émission . . . . .	24
1.3	La mécanique ondulatoire . . . . .	25
1.3.1	Les principaux résultats (ci-dessus) . . . . .	25
1.3.2	Principe d'incertitude de Heisenberg . . . . .	26
1.3.3	Orbitale atomique . . . . .	26
1.3.4	Les orbitales de l'atome d'hydrogène . . . . .	26
1.4	Le cortège électronique . . . . .	27
1.4.1	Exemple 1 : atome de soufre ( $Z = 16$ ) . . . . .	28
1.4.2	Exemple 2 : atome de phosphore ( $Z = 15$ ) . . . . .	28
1.4.3	2 cas particuliers importants (exceptions à connaître). . . . .	29
1.4.4	1) Atome de chrome $Z = 24$ . . . . .	29
1.4.5	2) Atome de cuivre $Z = 29$ . . . . .	29
1.5	Classification périodique des éléments . . . . .	31
1.6	Variations . . . . .	32
1.6.1	Du rayon atomique . . . . .	32
1.6.2	De l'énergie de première ionisation . . . . .	32
1.6.3	De l'affinité électronique . . . . .	32
1.6.4	De l'électronégativité . . . . .	32
1.7	Questions à choix multiples . . . . .	33
<b>2</b>	<b>Liaison chimique</b>	<b>43</b>
2.1	Règle de l'octet . . . . .	44
2.2	Quelques édifices classiques . . . . .	44
2.3	Les liaisons covalentes multiples . . . . .	45
2.4	Représentation spatiale : méthode VSEPR . . . . .	45
2.4.1	Les formules "types" VSEPR . . . . .	45
2.4.2	Détermination de la géométrie VSEPR . . . . .	47
2.5	Orbitales moléculaires . . . . .	49
2.5.1	Molécules diatomiques . . . . .	49
2.5.2	Molécules polyatomiques : hybridation . . . . .	53

2.5.3	Retenir . . . . .	56
2.6	Questions à choix multiples . . . . .	57
<b>3</b>	<b>Nomenclature et isomérie</b>	<b>67</b>
3.1	L'isomérie . . . . .	68
3.2	Principales fonctions . . . . .	68
3.2.1	Les alcanes (ou hydrocarbures saturés) : isomérie de squelette seulement. Formule brute : $C_nH_{2n+2}$ . . . . .	68
3.2.2	Les alcènes $C_nH_{2n}$ et alcynes $C_nH_{2n-2}$ . . . . .	70
3.2.3	Les éther-oxydes R-O-R' . . . . .	71
3.2.4	Les alcools R-OH . . . . .	71
3.2.5	Les cétones R-CO-R' . . . . .	71
3.2.6	Les aldéhydes R-CHO . . . . .	72
3.2.7	Les amines . . . . .	72
3.2.8	Les amides . . . . .	73
3.2.9	Les acides carboxyliques R-CO <sub>2</sub> H ou R-COOH . . . . .	73
3.2.10	Les esters R-CO <sub>2</sub> R' . . . . .	74
3.2.11	Cas des molécules polyfonctionnelles . . . . .	74
3.3	Stéréoisomérie . . . . .	74
3.3.1	Chiralité . . . . .	74
3.3.2	Nature physique de la lumière . . . . .	75
3.3.3	Loi de Biot . . . . .	76
3.3.4	Représentation de Fisher . . . . .	76
3.3.5	Nomenclature R,S . . . . .	78
3.3.6	Isomérie de conformation . . . . .	79
3.4	Questions à choix multiples . . . . .	81
<b>4</b>	<b>Effets électroniques</b>	<b>91</b>
4.1	Polarisation de la liaison covalente . . . . .	92
4.2	Effet inductif . . . . .	93
4.2.1	Effet inductif attracteur . . . . .	93
4.2.2	Effet inductif donneur . . . . .	93
4.2.3	Intermédiaires réactionnels . . . . .	93
4.2.4	Groupements inductifs donneurs et attracteurs . . . . .	95
4.3	Effet mésomère . . . . .	96
4.4	Les diverses "causes" de mésomérie . . . . .	97
4.4.1	Deux liaisons $\pi$ séparées par une liaison $\sigma$ . . . . .	97
4.4.2	Un doublet p et une liaison $\pi$ séparés par une liaison sigma . . . . .	98
4.4.3	Deux doublets p séparés par une liaison $\sigma$ . . . . .	98
4.4.4	Un doublet p et une case quantique vide séparés par une liaison $\sigma$ . . . . .	98
4.4.5	Une liaison $\pi$ et une case quantique vide séparées par une liaison $\sigma$ . . . . .	98

4.5	Les règles de la mésomérie . . . . .	98
4.6	Les principaux groupements mésomères . . . . .	99
4.6.1	Groupements mésomères donneurs (+M) . . . . .	99
4.6.2	Groupements mésomères attracteurs (-M) . . . . .	99
4.7	Questions à choix multiples . . . . .	100
<b>5</b>	<b>Chimie générale : Thermodynamique</b>	<b>111</b>
5.1	Préliminaires . . . . .	112
5.2	Le premier principe . . . . .	112
5.2.1	Énoncé . . . . .	112
5.2.2	Calcul de $\delta W$ (mécanique exclusivement) . . . . .	114
5.2.3	Quelques cas particuliers . . . . .	115
5.2.4	Calcul de $\delta Q$ . . . . .	116
5.2.5	Calcul de $\Delta U$ dans quelques cas fréquents . . . . .	116
5.2.6	Enthalpie . . . . .	117
5.2.7	Relation entre $Q_p$ et $Q_v$ : . . . . .	118
5.2.8	Calcul des variations d'enthalpie . . . . .	119
5.3	Le deuxième principe . . . . .	122
5.3.1	Entropie = évolution . . . . .	122
5.3.2	Enthalpie libre . . . . .	124
5.3.3	Applications à l'étude des réactions chimiques . . . . .	124
5.4	Questions à choix multiples . . . . .	131
<b>6</b>	<b>Cinétique chimique</b>	<b>143</b>
6.1	Généralités . . . . .	144
6.1.1	Définitions qualitatives . . . . .	144
6.1.2	Les mécanismes réactionnels . . . . .	144
6.1.3	Les divers paramètres cinétiques . . . . .	145
6.2	Vitesse de réaction . . . . .	146
6.3	Cinétique d'ordre 1 . . . . .	147
6.3.1	Équation d'évolution . . . . .	147
6.3.2	Temps de demi-réaction . . . . .	147
6.4	Cinétique d'ordre 2 . . . . .	147
6.4.1	Équation d'évolution . . . . .	147
6.4.2	Temps de demi-réaction . . . . .	148
6.5	Autres cas se ramenant aux cas précédents . . . . .	148
6.5.1	Dégénérescence de l'ordre . . . . .	148
6.6	Variation avec T : loi d'Arrhénius . . . . .	149
6.7	Questions à choix multiples . . . . .	150
<b>7</b>	<b>Oxydo-Réduction</b>	<b>163</b>
7.1	Définitions . . . . .	164
7.1.1	Oxydants et réducteurs . . . . .	164
7.1.2	Oxydation et réduction . . . . .	164

7.1.3	Exemples . . . . .	164
7.1.4	Couples redox . . . . .	164
7.1.5	Réactions redox en général . . . . .	165
7.2	Équilibrage d'une réaction redox . . . . .	165
7.2.1	Équilibrage pour le couple ion permanganate/ion manganèse . . . . .	166
7.2.2	Équilibrage pour le couple éthanol/éthanal . . . . .	166
7.2.3	Équation bilan . . . . .	167
7.3	Force d'un oxydant et d'un réducteur . . . . .	167
7.3.1	Aspect qualitatif . . . . .	167
7.3.2	Piles . . . . .	168
7.3.3	Potentiel d'électrode . . . . .	169
7.3.4	Aspect quantitatif . . . . .	169
7.4	Nombre d'oxydation . . . . .	170
7.4.1	Définition . . . . .	170
7.4.2	Utilisation des nombres d'oxydation pour l'équilibrage des réactions . . . . .	172
7.5	Questions à choix multiples . . . . .	175
<b>8</b>	<b>pH-métrie</b>	<b>181</b>
8.1	Acides et bases . . . . .	182
8.1.1	Définition d'un acide : . . . . .	182
8.1.2	Définition d'une base : . . . . .	182
8.1.3	Equations bilan : . . . . .	182
8.1.4	Couple acido-basique (ou acide-base) : . . . . .	183
8.1.5	Force d'un acide ou d'une base : . . . . .	183
8.1.6	Constantes d'équilibre et constantes d'acidité : . . . . .	183
8.2	Notion de pH (potentiel hydrogène) . . . . .	185
8.2.1	Définition . . . . .	185
8.2.2	pH de l'eau . . . . .	185
8.2.3	pH d'un acide ou d'une base . . . . .	185
8.3	pH des acides et des bases . . . . .	185
8.3.1	Coefficient de dissociation $\alpha$ . . . . .	185
8.3.2	Expression du pH en fonction de $\alpha$ . . . . .	186
8.4	Neutralisation d'un acide par une base forte . . . . .	188
8.4.1	Équivalence . . . . .	188
8.4.2	Demi-équivalence . . . . .	188
8.5	Solutions tampon . . . . .	188
8.5.1	Définition . . . . .	188
8.5.2	Obtention . . . . .	188
8.6	Solutions ampholytes . . . . .	189
8.6.1	Mélange équimolaire d'un acide faible et d'une base faible non conjuguée . . . . .	189
8.6.2	Composé amphotère . . . . .	190

8.7	Questions à choix multiples . . . . .	191
<b>9</b>	<b>Biochimie - Glucides</b>	<b>201</b>
9.1	Oses (ou monosaccharides) . . . . .	202
9.1.1	Trioses (oses en C <sub>3</sub> ) . . . . .	202
9.1.2	Pentoses (oses en C <sub>5</sub> ) . . . . .	203
9.1.3	Hexoses (oses en C <sub>6</sub> ) . . . . .	203
9.1.4	Représentation de Haworth . . . . .	205
9.1.5	Dérivés des oses . . . . .	206
9.1.6	Propriété chimiques . . . . .	207
9.2	Osides . . . . .	208
9.2.1	Diholosides . . . . .	208
9.2.2	Polyholosides . . . . .	210
9.2.3	Hétéropolyosides . . . . .	211
9.2.4	Hétérosides . . . . .	212
9.3	Questions à choix multiples . . . . .	213
<b>10</b>	<b>Métabolisme glucidique</b>	<b>221</b>
10.1	Catabolismes . . . . .	222
10.1.1	Glycolyse anaérobie . . . . .	222
10.1.2	Phase de consommation . . . . .	222
10.1.3	Phase de remboursement . . . . .	225
10.1.4	Fermentation lactique . . . . .	226
10.1.5	Bilan énergétique . . . . .	227
10.1.6	Cycle de Krebs . . . . .	227
10.1.7	Entrée du pyruvate dans la mitochondrie . . . . .	227
10.1.8	Bilan énergétique . . . . .	231
10.1.9	Glycogénolyse . . . . .	234
10.2	Anabolismes . . . . .	234
10.2.1	Glycogénogénogénèse . . . . .	234
10.2.2	Néoglucogénèse . . . . .	235
10.3	Questions à choix multiples . . . . .	238
<b>11</b>	<b>Lipides</b>	<b>247</b>
11.1	Les acides gras . . . . .	248
11.1.1	Acides gras saturés . . . . .	248
11.1.2	Acides gras insaturés . . . . .	248
11.2	Les glycérolipides . . . . .	252
11.2.1	Glycérides . . . . .	252
11.2.2	Glycérophospholipides . . . . .	253
11.3	Les sphingolipides . . . . .	256
11.4	Les stéroïdes . . . . .	257
11.4.1	Le cholestérol . . . . .	257
11.4.2	Les acides biliaires . . . . .	258

11.4.3	Les dérivés stéroïdes . . . . .	260
11.4.4	Les vitamines terpéniques . . . . .	263
11.5	Les lipoprotéines . . . . .	263
11.5.1	Les chylomicrons . . . . .	263
11.5.2	Les VLDL (very low density lipoprotein) . . . . .	264
11.5.3	Les LDL (low density lipoprotein) . . . . .	264
11.5.4	Les HDL (high density lipoprotein) . . . . .	264
11.5.5	Deux caractéristiques physiques . . . . .	264
11.6	Questions à choix multiples . . . . .	265
<b>12</b>	<b>Métabolisme lipidique</b>	<b>273</b>
12.1	Catabolismes . . . . .	274
12.1.1	Lipolyse . . . . .	274
12.1.2	$\beta$ -oxydation . . . . .	274
12.2	Anabolismes . . . . .	275
12.2.1	Synthèse des acides gras . . . . .	275
12.2.2	Cétogénèse . . . . .	278
12.2.3	En cas d'excès de glucose . . . . .	278
12.2.4	En cas de manque de glucose . . . . .	280
12.3	Questions à choix multiples . . . . .	281
<b>13</b>	<b>Acides aminés et protéines</b>	<b>289</b>
13.1	Généralités . . . . .	290
13.2	Les acides aminés (protéiques) . . . . .	290
13.3	Acides aminés aliphatiques hydrophobes . . . . .	291
13.4	Acides aminés alcools . . . . .	291
13.4.1	Propriétés biologiques : . . . . .	291
13.4.2	Propriétés chimiques . . . . .	292
13.5	Acides aminés soufrés . . . . .	292
13.6	Acides aminés acides . . . . .	293
13.7	Acides aminés amides . . . . .	293
13.8	Acides aminés basiques . . . . .	294
13.9	Acides aminés aromatiques . . . . .	295
13.10	Propriétés physiques des acides aminés . . . . .	296
13.10.1	Polarité . . . . .	296
13.10.2	Acides aminés apolaires . . . . .	296
13.10.3	Acides aminés polaires non chargés. . . . .	296
13.10.4	Acides aminés polaires chargés. . . . .	296
13.10.5	Acides aminés essentiels . . . . .	296
13.10.6	Propriétés électriques . . . . .	296
13.11	Les peptides . . . . .	298
13.12	Structure primaire . . . . .	299
13.12.1	Définition . . . . .	299
13.12.2	Détermination de la séquence . . . . .	299

13.12.3	Identification des acides aminés . . . . .	300
13.13	Structure secondaire . . . . .	301
13.13.1	La liaison (ou pont) hydrogène . . . . .	301
13.13.2	Hélices $\alpha$ . . . . .	301
13.13.3	Feuillets $\beta$ . . . . .	302
13.13.4	Autres structures secondaires . . . . .	302
13.13.5	Super structures secondaires . . . . .	303
13.14	Structure tertiaire . . . . .	303
13.15	Structure quaternaire . . . . .	304
13.16	Propriétés physico-chimiques des protéines . . . . .	304
13.16.1	pH isoélectrique . . . . .	304
13.16.2	Solubilité . . . . .	305
13.16.3	Dénaturation des protéines . . . . .	305
13.16.4	Détermination du poids moléculaire . . . . .	306
13.17	Questions à choix multiples . . . . .	309
<b>14</b>	<b>Acides nucléiques et génome</b>	<b>321</b>
14.1	ADN . . . . .	322
14.1.1	Généralités . . . . .	322
14.1.2	Structure primaire de l'ADN . . . . .	322
14.1.3	Structure secondaire . . . . .	325
14.1.4	Structure tertiaire . . . . .	325
14.1.5	Réplication de l'ADN . . . . .	325
14.2	ARN . . . . .	329
14.2.1	Structure générale . . . . .	329
14.2.2	Survol de la transcription . . . . .	330
14.2.3	Les différents types d'ARNs . . . . .	330
14.2.4	Les ARNr . . . . .	330
14.2.5	Les ARNt (ou ARN 4S) . . . . .	331
14.2.6	Les ARNm . . . . .	332
14.3	Questions à choix multiples . . . . .	337
<b>II</b>	<b>UE2</b>	<b>345</b>
<b>15</b>	<b>Biologie cellulaire : Le noyau</b>	<b>347</b>
15.1	Généralités . . . . .	348
15.2	Le cycle cellulaire . . . . .	348
15.3	La structure du noyau : vue générale . . . . .	348
15.3.1	L'enveloppe limitante . . . . .	348
15.3.2	L'intérieur du noyau . . . . .	348
15.4	La structure du noyau : vue détaillée . . . . .	349
15.4.1	Le matériel génétique . . . . .	349
15.4.2	La compaction de la chromatine : les différentes étapes	350

15.4.3	Réplication et transcription . . . . .	353
15.4.4	Le nucléole . . . . .	353
15.4.5	L'enveloppe nucléaire . . . . .	356
15.4.6	Les pores . . . . .	357
15.5	La machinerie d'importation-exportation . . . . .	357
15.5.1	Les protéines . . . . .	357
15.5.2	Les ARNm . . . . .	360
15.6	La lamina . . . . .	360
15.6.1	Rôle structural . . . . .	360
15.6.2	Rôle fonctionnel . . . . .	360
15.6.3	Ultrastructure de la lamina . . . . .	360
15.7	Questions à choix multiples . . . . .	361
<b>16</b>	<b>Membrane plasmique</b>	<b>371</b>
16.1	Constitution et architecture . . . . .	372
16.1.1	Constitution . . . . .	372
16.1.2	Architecture . . . . .	374
16.2	Les transports membranaires . . . . .	376
16.2.1	Les transports passifs . . . . .	376
16.2.2	Les transports actifs . . . . .	380
16.3	Questions à choix multiples . . . . .	382
<b>17</b>	<b>Cytosquelette</b>	<b>393</b>
17.1	Présentation générale . . . . .	394
17.1.1	Un rôle structural : . . . . .	394
17.1.2	Rôle dans la motilité . . . . .	394
17.2	Les microfilaments . . . . .	394
17.2.1	Structure et assemblage . . . . .	394
17.2.2	Les différentes fonctions des réseaux et faisceaux de microfilaments . . . . .	396
17.3	Les microtubules . . . . .	399
17.3.1	Structure et assemblage . . . . .	399
17.4	Les filaments intermédiaires . . . . .	403
17.4.1	Structure et assemblage . . . . .	403
17.5	Questions à choix multiples . . . . .	405
<b>18</b>	<b>Synthèse et trafic des protéines</b>	<b>415</b>
18.1	Synthèse des protéines : schéma général . . . . .	416
18.1.1	Présence d'une séquence signal . . . . .	416
18.1.2	Absence d'une séquence signal . . . . .	417
18.2	Voie réticulaire et glycosylation primaire . . . . .	417
18.2.1	Prise en charge du ribosome vers le réticulum . . . . .	417
18.2.2	Progression à travers la membrane du réticulum . . . . .	417
18.2.3	Glycosylation primaire . . . . .	418



18.3	Maturation des protéines : partie Golgienne . . . . .	419
18.3.1	Le complexe Golgien . . . . .	419
18.3.2	La N-glycosylation secondaire . . . . .	419
18.4	La O-glycosylation . . . . .	420
18.5	Les voies de sécrétion et la voie lysosomale . . . . .	420
18.5.1	La formation des deux types de manteaux . . . . .	421
18.5.2	Les voies de sécrétion . . . . .	423
18.5.3	La fusion avec le compartiment accepteur . . . . .	424
18.5.4	La voie lysosomale . . . . .	425
18.6	Synthèse des lipides . . . . .	427
18.6.1	La synthèse du cholestérol . . . . .	428
18.6.2	La synthèse des hormones stéroïdes . . . . .	428
18.6.3	La synthèse des phospholipides . . . . .	428
18.7	Questions à choix multiples . . . . .	430
<b>19</b>	<b>Mitochondrie</b>	<b>441</b>
19.1	Structure et fonctions de la mitochondrie . . . . .	442
19.1.1	Fonctions . . . . .	442
19.1.2	Structure et organisation . . . . .	442
19.2	La production d'énergie : généralités . . . . .	443
19.2.1	Cas des procaryotes . . . . .	443
19.2.2	Cas des eucaryotes . . . . .	444
19.3	L'oxydo-réduction . . . . .	444
19.4	Le couplage chimio-osmotique . . . . .	445
19.4.1	En milieu anaérobie : la glycolyse. . . . .	445
19.4.2	En milieu aérobie : le cycle de Krebs et la phospho- rylation oxydative. . . . .	445
19.5	Les étapes de la phosphorylation oxydative . . . . .	446
19.5.1	À partir de NADH . . . . .	446
19.5.2	À partir de FADH <sub>2</sub> . . . . .	447
19.6	La production d'ATP par l'ATP synthase . . . . .	447
19.7	Poisons et agents découplants . . . . .	449
19.7.1	Agents découplants . . . . .	449
19.7.2	Les poisons . . . . .	449
19.7.3	Le contrôle respiratoire . . . . .	450
19.8	Questions à choix multiples . . . . .	451
<b>20</b>	<b>Cycle cellulaire</b>	<b>459</b>
20.1	Phosphorylations-Déphosphorylations. . . . .	460
20.1.1	Le groupement phosphate . . . . .	460
20.1.2	Enzymes phosphorylantes . . . . .	461
20.1.3	Enzymes déphosphorylantes . . . . .	461
20.1.4	Récapitulation . . . . .	461
20.2	Les protéines G . . . . .	462

20.2.1	Les protéines G monomériques (Ras, Ran, Rab, Arf, Rho,...)	463
20.2.2	Les protéines G hétérotrimériques	464
20.3	Cdk et cyclines	465
20.3.1	Les cyclines	465
20.3.2	Les Cdk : Cyclin-dépendant kinases	466
20.3.3	Les CKI (inhibiteurs des Cdk)	466
20.4	Le déroulement du cycle	467
20.4.1	Les différentes phases	467
20.4.2	Le déclenchement du cycle	468
20.4.3	Sénescence	468
20.5	Contrôle moléculaire des phases du cycle	468
20.5.1	Les associations Cycline-Cdk	468
20.5.2	Mode de fonctionnement de ces associations et régulation	469
20.6	Les phases du cycle	470
20.6.1	La phase G <sub>1</sub>	470
20.6.2	La phase S	472
20.6.3	La phase G <sub>2</sub>	474
20.6.4	La phase M = Mitose	475
20.7	Questions à choix multiples	482
<b>21</b>	<b>Mort cellulaire programmée</b>	<b>491</b>
21.1	Un phénomène physiologique	492
21.1.1	Les divers domaines d'intervention	492
21.2	Comparaison apoptose / nécrose	493
21.2.1	Apoptose = processus actif	493
21.2.2	Nécrose = processus passif	493
21.3	La machinerie moléculaire de l'apoptose	493
21.3.1	La voie des récepteurs de mort	493
21.3.2	La voie mitochondriale	495
21.3.3	Analogies C-elegans/Homme	496
21.4	Télomères et vieillissement	497
21.4.1	Les télomères	497
21.4.2	ATM	497
21.4.3	La télomérase	498
21.4.4	Intérêt de ce système	498
21.5	Questions à choix multiples	499
<b>22</b>	<b>Histologie-Généralités</b>	<b>507</b>
22.1	Introduction	508
22.2	Les cellules d'un tissu	508
22.2.1	Le tissu épithélial	509
22.2.2	le tissu conjonctif	509

22.2.3	Le tissu musculaire . . . . .	509
22.2.4	Le tissu nerveux . . . . .	510
22.2.5	Les cellules libres . . . . .	510
22.2.6	Les cellules de la lignée germinale . . . . .	510
22.3	La matrice extra-cellulaire . . . . .	510
22.3.1	Généralités . . . . .	510
22.3.2	Fonctions . . . . .	511
22.3.3	Les molécules fibreuses de la MEC . . . . .	511
22.3.4	Les polysaccharides . . . . .	512
22.3.5	Le cas particulier de la membrane basale . . . . .	513
22.4	Les molécules d'adhérence . . . . .	514
22.4.1	Généralités . . . . .	514
22.4.2	Jonction cellule/cellule . . . . .	515
22.4.3	Les jonctions cellule/matrice . . . . .	516
<b>23</b>	<b>Tissu épithélial</b>	<b>519</b>
23.1	Propriétés générales . . . . .	520
23.1.1	Les filaments intermédiaires . . . . .	520
23.1.2	Polarité des cellules épithéliales . . . . .	520
23.1.3	Autre classification . . . . .	522
23.2	Les épithéliums de revêtement . . . . .	523
23.3	Questions à choix multiples . . . . .	526
<b>24</b>	<b>Tissu conjonctif</b>	<b>539</b>
24.1	Les tissus conjonctifs communs (TCC) . . . . .	540
24.1.1	Tissus conjonctifs communs lâches (TCC) . . . . .	540
24.1.2	Tissus conjonctifs communs denses . . . . .	542
24.2	Les tissus conjonctifs spécialisés . . . . .	542
24.2.1	Tissu adipeux . . . . .	542
24.2.2	Tissu cartilagineux . . . . .	544
24.2.3	Tissu osseux . . . . .	546
24.2.4	Les cellules du tissu osseux et la MEC environnante	548
24.2.5	Ostéogénèse . . . . .	550
24.2.6	Le remodelage osseux . . . . .	551
24.2.7	Évolution du capital osseux . . . . .	553
24.3	Questions à choix multiples . . . . .	554
<b>25</b>	<b>Tissu musculaire</b>	<b>575</b>
25.1	Le muscle strié squelettique . . . . .	576
25.1.1	La fibre musculaire (= myocyte) . . . . .	576
25.1.2	Ultrastructure du sarcomère . . . . .	576
25.1.3	Organisation interne des myofibrilles . . . . .	578
25.1.4	Les tubules T . . . . .	578
25.1.5	La contraction musculaire . . . . .	578

25.2	Le muscle strié cardiaque . . . . .	579
25.3	Le muscle lisse . . . . .	579
25.4	Questions à choix multiples . . . . .	581
<b>26</b>	<b>Tissu nerveux</b>	<b>589</b>
26.1	Les neurones . . . . .	590
26.1.1	Disposition des neurites . . . . .	591
26.1.2	Morphologie des noyaux . . . . .	591
26.2	Ultra-structure . . . . .	592
26.2.1	Transport du matériel . . . . .	593
26.3	Propagation des potentiels d'action) . . . . .	593
26.3.1	Dans les axones . . . . .	593
26.3.2	Les synapses . . . . .	594
26.3.3	Les différents types de vésicules . . . . .	594
26.4	Cellules gliales (= névroglie) . . . . .	595
26.4.1	Cellules gliales du SNC . . . . .	595
26.4.2	Cellules gliales du SNP . . . . .	596
26.4.3	Organisation spatiale de la gaine de myéline des CS . . . . .	597
26.5	Questions à choix multiples . . . . .	598
<b>27</b>	<b>Embryologie humaine : Méiose</b>	<b>605</b>
27.1	Les cellules germinales . . . . .	605
27.2	La méiose . . . . .	606
27.2.1	Méiose I . . . . .	606
27.2.2	Méiose II . . . . .	607
<b>28</b>	<b>Spermatogénèse</b>	<b>609</b>
28.1	L'odyssée des gamètes mâles (hors fécondation) . . . . .	610
28.1.1	Les testicules et leurs prolongements . . . . .	610
28.1.2	Histologie des tubes séminifères : les cellules de Sertoli . . . . .	610
28.1.3	Les cellules de Leydig . . . . .	611
28.2	La spermatogénèse . . . . .	611
<b>29</b>	<b>Ovogénèse</b>	<b>613</b>
29.1	Les ovaires et la folliculogénèse . . . . .	614
29.1.1	Les follicules primordiaux . . . . .	614
29.1.2	Le follicule primaire . . . . .	614
29.1.3	Le follicule secondaire . . . . .	614
29.1.4	Le follicule tertiaire . . . . .	614
29.1.5	Le follicule de De Graaf . . . . .	615
29.2	L'ovogénèse . . . . .	615
29.2.1	Période foetale . . . . .	615
29.2.2	À la naissance . . . . .	615
29.2.3	De la naissance à la puberté . . . . .	616

29.2.4	De la puberté à la ménopause : cycles menstruels (cycles ovariens) . . . . .	616
29.2.5	Action hormonale au cours du cycle menstruel . . .	616
29.3	Questions à choix multiples . . . . .	618
<b>30</b>	<b>Fécondation</b>	<b>627</b>
30.1	Préambule . . . . .	628
30.2	Le périple du spermatozoïde . . . . .	628
30.2.1	Du vagin à l'utérus . . . . .	628
30.2.2	De l'utérus à l'ampoule . . . . .	629
30.2.3	Période de fécondabilité . . . . .	629
30.3	La capacitation . . . . .	630
30.3.1	Lieu de la capacitation . . . . .	630
30.3.2	Les événements . . . . .	630
30.3.3	Remarques . . . . .	631
30.3.4	1 <sup>ère</sup> action : la traversée du cumulus . . . . .	631
30.4	La réaction acrosomique . . . . .	631
30.4.1	Structure de la zone pellucide . . . . .	631
30.4.2	Fixation primaire . . . . .	631
30.4.3	La réaction acrosomique . . . . .	632
30.4.4	La fixation secondaire à la zone pellucide . . . . .	633
30.4.5	Traversée de la ZP . . . . .	633
30.5	Fusion avec la membrane ovocytaire . . . . .	633
30.6	Entrée du spermatozoïde : conséquences . . . . .	633
30.6.1	Activation de l'ovocyte . . . . .	634
30.6.2	Fin de la méiose . . . . .	634
30.6.3	Formation des pronuclei . . . . .	635
30.6.4	La syngamie . . . . .	635
30.7	Questions à choix multiples . . . . .	636
<b>III</b>	<b>UE3</b>	<b>653</b>
<b>31</b>	<b>Physique : Dynamique</b>	<b>655</b>
31.1	Éléments de cinématique du point . . . . .	656
31.1.1	Vecteur espace . . . . .	656
31.1.2	Vecteur vitesse . . . . .	656
31.1.3	Vecteur accélération . . . . .	656
31.2	Cinétique et dynamique . . . . .	657
31.2.1	Cinétique . . . . .	657
31.2.2	Dynamique . . . . .	658
31.3	Énergétique . . . . .	659
31.3.1	Travail d'une force . . . . .	659
31.3.2	Énergies cinétique, potentielle et mécanique . . . . .	659

31.4	Questions à choix multiples . . . . .	661
<b>32</b>	<b>Électrostatique</b>	<b>677</b>
32.1	Champs et potentiels (charges sources) . . . . .	678
32.1.1	Champ Coulombien : . . . . .	678
32.1.2	Potentiel Coulombien : . . . . .	678
32.2	Forces et énergies potentielle (interactions) . . . . .	679
32.2.1	Force exercée par une charge source $q$ sur une charge d'épreuve $q'$ : . . . . .	679
32.2.2	Énergie potentielle entre deux charges $q$ et $q'$ séparées par une distance $r$ : . . . . .	679
32.3	Lien entre champ et force . . . . .	679
32.4	Lien entre potentiel et énergie potentielle . . . . .	680
32.5	Dipôle électrique . . . . .	680
32.5.1	Définition : . . . . .	680
32.5.2	Moment dipolaire : . . . . .	680
32.5.3	Remarque : . . . . .	680
32.5.4	Potentiel créé à une distance $r$ très grande devant $a$ : . . . . .	680
32.5.5	Champ créé à une distance $r$ très grande devant $a$ : . . . . .	681
32.6	Énergie potentielle d'interaction dipôle-champ . . . . .	682
32.7	Questions à choix multiples . . . . .	683
<b>33</b>	<b>Magnétisme</b>	<b>703</b>
33.1	Loi de Biot et Savart . . . . .	704
33.2	Fil infiniment long . . . . .	704
33.3	Spire unique parcourue par un courant . . . . .	705
33.4	Champ à l'intérieur d'un solénoïde infiniment long . . . . .	706
33.5	Forces électromagnétiques . . . . .	707
33.6	Questions à choix multiples . . . . .	709
<b>34</b>	<b>Imagerie par résonance magnétique</b>	<b>725</b>
34.1	Succession des événements dans une manipulation RMN . . . . .	726
34.2	Les moments magnétiques élémentaires . . . . .	726
34.3	Aspects énergétiques . . . . .	727
34.4	Intervention de $B_1$ : bascule . . . . .	728
34.5	La relaxation . . . . .	729
34.5.1	La relaxation de $M_z$ . . . . .	729
34.5.2	La relaxation de $M_t$ . . . . .	730
34.6	Le signal RMN . . . . .	730
34.6.1	Aspects techniques . . . . .	731
34.6.2	Les gradients de champ . . . . .	731
34.6.3	L'écho de spin . . . . .	732
34.6.4	Le temps de répétition . . . . .	732
34.7	Pondération . . . . .	732

34.8	Questions à choix multiples . . . . .	735
<b>35</b>	<b>Optique</b>	<b>745</b>
35.1	Nature physique de la lumière . . . . .	746
35.2	Nature géométrique de la lumière . . . . .	747
35.3	Dioptres . . . . .	747
35.3.1	Dioptres plan : lois de Descartes . . . . .	747
35.3.2	Dioptres sphériques et lentilles . . . . .	748
35.4	Questions à choix multiples . . . . .	750
<b>36</b>	<b>Biophysique : Radioactivité</b>	<b>761</b>
36.1	Équivalence masse-énergie . . . . .	762
36.1.1	Unités . . . . .	762
36.1.2	Lois de conservation des réactions nucléaires . . . . .	762
36.1.3	Défaut de masse . . . . .	763
36.1.4	Stabilité d'un noyau : radioactivité . . . . .	763
36.1.5	Définitions . . . . .	764
36.2	Aspects énergétiques . . . . .	764
36.3	Capture électronique . . . . .	764
36.4	Spectres . . . . .	765
36.5	Loi de décroissance radioactive . . . . .	767
36.5.1	Période ou demi-vie . . . . .	767
36.5.2	Activité d'une masse m radioactive . . . . .	768
36.6	Questions à choix multiples . . . . .	769
<b>37</b>	<b>Interactions rayonnements - matière</b>	<b>783</b>
37.1	Particules matérielles . . . . .	784
37.2	Interactions des photons avec la matière . . . . .	786
37.2.1	Définitions énergétiques . . . . .	786
37.2.2	Différentes géométries de faisceaux de photons . . . . .	787
37.2.3	Les différents types d'interaction d'un photon avec la matière . . . . .	788
37.2.4	Atténuation d'un faisceau de photons à la traversée de la matière . . . . .	791
37.3	Questions à choix multiples . . . . .	793
<b>38</b>	<b>Rayons X</b>	<b>805</b>
38.1	Rayonnement de freinage . . . . .	806
38.1.1	Le principe physique . . . . .	806
38.1.2	Spectre du bremsstrahlung . . . . .	806
38.2	Production de rayons X . . . . .	808
38.2.1	Le dispositif expérimental : tube de Coolidge . . . . .	808
38.2.2	Le fonctionnement . . . . .	809
38.2.3	Les rayons X du rayonnement de freinage . . . . .	809

38.2.4	Les rayons X d'excitation-déexcitation . . . . .	809
38.2.5	Puissance du tube . . . . .	809
38.2.6	Rendement du tube . . . . .	810
38.3	Questions à choix multiples . . . . .	811
<b>39</b>	<b>Dosimétrie</b>	<b>821</b>
39.1	Les objectifs . . . . .	822
39.1.1	Aspect Physique . . . . .	822
39.1.2	Effets biologiques . . . . .	822
39.1.3	Le public concerné . . . . .	822
39.2	Aspect physique : la dose absorbée . . . . .	822
39.2.1	Définition . . . . .	823
39.2.2	Unité internationale . . . . .	823
39.2.3	Débit de dose . . . . .	823
39.2.4	Calcul pratique . . . . .	823
39.3	Période effective . . . . .	825
39.3.1	Cas d'une irradiation externe . . . . .	825
39.3.2	Cas d'une irradiation interne . . . . .	826
39.4	Aspects biologiques et physiologiques : doses équivalente et effective . . . . .	826
39.4.1	Définition : dose équivalente . . . . .	826
39.4.2	Unité . . . . .	827
39.4.3	Définition : dose efficace . . . . .	827
39.4.4	Unité . . . . .	827
39.5	Conclusion . . . . .	827
39.6	Questions à choix multiples . . . . .	828
<b>40</b>	<b>Solutions aqueuses Compartiments</b>	<b>841</b>
40.1	Dissolution dans l'eau . . . . .	842
40.2	Electrolytes et non électrolytes . . . . .	842
40.3	Définitions . . . . .	843
40.4	Soluté unique . . . . .	843
40.5	Mélanges . . . . .	843
40.6	Quelques exemples . . . . .	843
40.7	Le contenu en eau . . . . .	846
40.7.1	L'eau et le corps humain . . . . .	846
40.7.2	Les compartiments de l'organisme . . . . .	847
40.7.3	Mesure des volumes des compartiments . . . . .	847
40.8	La cryoscopie . . . . .	848
40.8.1	Le phénomène physique . . . . .	848
40.8.2	La loi de la cryoscopie de Raoult . . . . .	848
40.9	Questions à choix multiples . . . . .	850



<b>41 Transports membranaires</b>	<b>861</b>
41.1 Diffusion . . . . .	862
41.1.1 Diffusion libre . . . . .	862
41.1.2 Dialyse . . . . .	862
41.2 Définitions . . . . .	862
41.2.1 Débit . . . . .	862
41.2.2 Flux molaire . . . . .	863
41.2.3 Loi de Fick . . . . .	863
41.3 Dialyse : calculs pratiques . . . . .	863
41.4 Osmose : loi de Van't Hoff . . . . .	864
41.4.1 Le phénomène physique . . . . .	864
41.4.2 Aspects biologiques . . . . .	865
41.4.3 Aspects physiologiques . . . . .	865
41.5 Équilibre de Gibbs-Donnan . . . . .	868
41.6 Questions à choix multiples . . . . .	870
<b>IV UE4</b>	<b>885</b>
<b>42 Analyse combinatoire</b>	<b>887</b>
42.1 Factorielle d'un entier . . . . .	888
42.2 Permutations . . . . .	888
42.3 Combinaisons . . . . .	888
42.4 Arrangements . . . . .	889
42.5 p-listes . . . . .	889
42.6 Calcul sur les cardinaux (nombre d'éléments d'un ensemble fini) . . . . .	889
42.7 Questions à choix multiples . . . . .	890
<b>43 Événements et probabilités</b>	<b>899</b>
43.1 Algèbre des événements . . . . .	900
43.2 Probabilités . . . . .	900
43.3 Propriétés et théorèmes . . . . .	901
43.4 Probabilité conditionnelle . . . . .	901
43.5 Questions à choix multiples . . . . .	903
<b>44 Variables aléatoires discrètes</b>	<b>919</b>
44.1 Lois conjointes . . . . .	920
44.2 Questions à choix multiples . . . . .	922
<b>45 Les principales lois</b>	<b>935</b>
45.1 Lois discrètes . . . . .	936
45.2 Lois continues : généralités . . . . .	936
45.3 Exemples fondamentaux de lois continues . . . . .	937
45.4 Une formule utile . . . . .	937

45.5	Théorème . . . . .	937
45.6	Courbes à bien connaître . . . . .	938
45.7	Questions à choix multiples . . . . .	940
<b>46</b>	<b>Statistiques descriptives</b>	<b>959</b>
46.1	Définitions I . . . . .	960
46.2	Définitions II . . . . .	960
46.3	Définitions III : variable quantitative . . . . .	960
46.3.1	Variable discrète finie . . . . .	960
46.3.2	Variable discrète infinie . . . . .	961
46.3.3	Variable continue . . . . .	961
46.3.4	Remarques . . . . .	961
46.4	Lois conjointes . . . . .	961
46.5	Questions à choix multiples . . . . .	963
<b>47</b>	<b>Estimation</b>	<b>975</b>
47.1	Le problème . . . . .	976
47.2	Estimation ponctuelle . . . . .	977
47.3	Théorème de la limite centrale (TCL) . . . . .	977
47.4	Intervalle de confiance au risque $\alpha$ . . . . .	978
47.5	Questions à choix multiples . . . . .	979
<b>48</b>	<b>Les tests</b>	<b>995</b>
48.1	Intervalle de pari . . . . .	996
48.2	Les erreurs et la puissance . . . . .	997
48.3	Les principales statistiques de test . . . . .	999
48.4	Le test du $\chi^2$ . . . . .	999
48.5	Questions à choix multiples . . . . .	1002
<b>49</b>	<b>Épidémiologie</b>	<b>1019</b>
49.1	Études observationnelles : Aspect descriptif et probabilités . . . . .	1020
49.2	Études expérimentales . . . . .	1021
49.3	Tests diagnostiques : outils . . . . .	1023
49.4	Tests diagnostiques : courbes ROC . . . . .	1024
49.5	Questions à choix multiples . . . . .	1026
<b>50</b>	<b>Tables statistiques</b>	<b>1039</b>
50.1	Fonction de répartition de la loi $N(0,1)$ . . . . .	1041
50.2	Table de l'écart-réduit . . . . .	1043
50.3	Table du $\chi^2$ . . . . .	1044
50.4	Table t de Student . . . . .	1046