

# Physique et biophysique pharmaceutiques

**1**

électricité • magnétisme  
optique

Ph. Courrière

Préface du Pr. T. Planol

MASSON 

ABRÉGÉS

MD. 309

ABRÉGÉS DE PHARMACIE sous la direction du Pr Y. COHEN

# Physique et biophysique pharmaceutiques

1

électricité • magnétisme  
optique



Ph. COURRIÈRE

Professeur à l'Université  
Paul Sabatier (Toulouse III)

*Préface du Pr. Th. Planiol*

6358  $\frac{1}{2}$

ABRÉGÉS

# TABLE DES MATIERES

Présentation de la collection . . . . .	v
Préface du Pr. Th. PLANIOL . . . . .	vii
Avant-propos . . . . .	xvi
Unités du Système International . . . . .	xviii

## Première partie

### ELECTRICITE ET MAGNETISME

#### 1. LE CHAMP ELECTRIQUE ET LE CHAMP

##### MAGNETIQUE . . . . . 1

##### I - Interaction entre charges : notions de champ . . . . . 1

##### 1. Charge agissante immobile : champ électrostatique . . . . . 1

##### 2. Charge agissante en mouvement : champ magnétique . . . . . 6

##### 3. Relation entre ces 2 champs : l'induction électromagnétique . . . . . 10

##### II - Applications aux dipôles . . . . . 13

##### 1. Dipôle électrostatique . . . . . 13

##### 2. Dipôle électromagnétique . . . . . 14

##### III - Application à la spectrométrie de masse . . . . . 16

##### 1. Isotopie . . . . . 16

##### 2. Principe d'un spectrographe de masse . . . . . 17

#### 2. COURANT DANS LES SOLIDES . . . . . 20

##### I - Les conducteurs . . . . . 20

##### 1. La liaison métallique . . . . . 20

##### 2. Interprétation de la conduction : bandes d'énergie . . . . . 22

##### II - Les isolants et les semi-conducteurs . . . . . 23

##### 1. Les isolants . . . . . 23

##### 2. Les semi-conducteurs . . . . . 24

##### III - Les applications . . . . . 27

##### 1. La diode jonction p-n - Redressement du courant . . . . . 27

##### 2. Les transistors - Amplification de la tension . . . . . 29

#### 3. COURANT DANS LES ELECTROLYTES . . . . . 31

##### I - Anomalies des solutions d'électrolytes . . . . . 31

##### II - Passage du courant dans un électrolyte . . . . . 33

##### 1. Structure d'un électrolyte à l'état pur . . . . . 33

##### 2. Electrolyte en solution : ionisation . . . . . 34

##### 3. Passage du courant à travers l'électrolyte : électrolyse . . . . . 35

4. Mobilité des ions . . . . .	36
5. Electrolytes forts et électrolytes faibles . . . . .	38
III - Conductivité des solutions d'électrolytes . . . . .	38
1. Définition et mesure de la conductivité . . . . .	38
2. Conductivité équivalente des solutions d'électrolytes . . . . .	40
IV - Théorie de Debye et Hückel . . . . .	45
1. Comportement des ions en solution . . . . .	45
2. Les conséquences de ce comportement. . . . .	47
<b>4. PHENOMENES AUX INTERFACES METAL-LIQUIDE :</b>	
<b>POTENTIEL D'ELECTRODES . . . . .</b>	<b>50</b>
I - Phénomène de contact métal-solution . . . . .	50
1. Existence d'un potentiel d'électrodes . . . . .	50
2. Loi de Nernst . . . . .	51
II - Les différents types d'électrodes . . . . .	53
1. Electrodes du premier genre . . . . .	53
2. Electrodes du deuxième genre . . . . .	54
3. Electrodes du troisième genre . . . . .	55
III - Les piles de concentration . . . . .	56
1. Définition et fonctionnement . . . . .	56
2. Application aux électrodes spécifiques . . . . .	57
<b>5. COMPORTEMENT D'UN ISOLANT DANS UN CHAMP ELECTRIQUE : DIELECTRIQUE . . . . .</b>	<b>58</b>
I - Charges induites dans un champ électrique . . . . .	59
1. Mise en évidence : constante diélectrique . . . . .	59
2. Interprétation : permittivité d'un diélectrique . . . . .	60
II - Théorie moléculaire de la polarisation d'un diélectrique . . . . .	61
1. Molécules polaires et apolaires . . . . .	61
2. Polarisation d'un diélectrique . . . . .	62
III - L'effet piezo-électrique . . . . .	65
1. Mise en évidence . . . . .	65
2. Théorie moléculaire de la piezo-électricité . . . . .	65
3. Application à l'émission et à la réception des ultra-sons . . . . .	67
<b>6. PROPRIETES MAGNETIQUES- DE LA MATIERE -</b>	
<b>I. R.M. . . . .</b>	<b>69</b>
I - L'aimantation de la matière . . . . .	69
1. Le moment magnétique de l'atome d'origine électronique . . . . .	69
2. L'aimantation induite . . . . .	71
II - La résonance magnétique nucléaire . . . . .	74
1. Le magnétisme nucléaire de l'atome . . . . .	74
2. Les paramètres de la R.M.N. . . . .	75

3. L'appareillage . . . . .	79
4. Principe de l'imagerie par R.M.N. : l'I.R.M. . . . .	80
<b>7. LE COURANT ELECTRIQUE . . . . .</b>	<b>84</b>
I - Sens et intensité du courant électrique . . . . .	84
II - Le courant continu . . . . .	85
1. Production : générateur et f.é.m. . . . .	85
2. Résistance d'un conducteur métallique . . . . .	87
3. Les lois d'Ohm . . . . .	90
III - Les courants alternatifs . . . . .	91
1. Propriétés générales . . . . .	91
2. Les lois d'Ohm . . . . .	94
3. La puissance . . . . .	97
4. Application aux transformateurs . . . . .	98

## Deuxième partie

### LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

<b>8. LA LUMIERE, ONDE OU (ET) CORPUSCULE ? . . . . .</b>	<b>100</b>
I - Les différents aspects de la lumière . . . . .	100
II - Propagation d'une onde électromagnétique . . . . .	101
1. Origine : le champ électromagnétique . . . . .	101
2. Propagation dans le vide : équations de Maxwell . . . . .	102
3. Le domaine des radiations électromagnétiques . . . . .	105
4. Propagation dans un milieu matériel : dispersion et indice de réfraction . . . . .	106
5. Energie transportée par l'onde ; intensité lumineuse . . . . .	108
III - De l'onde au rayon lumineux . . . . .	110
1. Construction de Huygens . . . . .	110
2. Théorème de Malus : rayons lumineux . . . . .	111
IV - Optique géométrique et optique physique - Les limites . . . . .	111
<b>9. OPTIQUE GEOMETRIQUE : LES LOIS GENERALES</b>	
I - Réflexion et réfraction de la lumière . . . . .	113
1. Les lois de Descartes . . . . .	113
2. Condition d'émergence . . . . .	114
3. Coefficients de réflexion et de transmission . . . . .	116
II - Application au prisme . . . . .	118
1. Définitions et conventions . . . . .	118
2. Les formules du prisme . . . . .	118
3. Etude de la déviation du prisme . . . . .	120
4. Dispersion du prisme . . . . .	121

<b>10. OPTIQUE GEOMETRIQUE : FORMATION DES IMAGES</b> . . . . .	123
I - Généralités sur les systèmes optiques . . . . .	123
1. Définitions . . . . .	123
2. Les conditions de Gauss . . . . .	123
3. Image d'un point lumineux : stigmatisme . . . . .	123
4. Image d'un objet : condition d'aplanétisme . . . . .	125
II - Image donnée par les dioptries . . . . .	126
1. Le dioptre sphérique . . . . .	126
2. Le dioptre plan . . . . .	130
III - Image donnée par les miroirs . . . . .	131
1. Miroir plan . . . . .	131
2. Miroirs sphériques . . . . .	133
IV - Image donnée par les lentilles . . . . .	135
1. Définition et classification . . . . .	135
2. Equation de conjugaison . . . . .	136
3. Grandissement linéaire . . . . .	138
4. Construction géométrique de l'image . . . . .	138
5. Forme newtonienne des équations de conjugaison . . . . .	138
6. Les lentilles épaisses . . . . .	139
V - Les aberrations des lentilles . . . . .	140
1. Les aberrations géométriques . . . . .	140
2. Les aberrations chromatiques . . . . .	143
<b>11 - LE MICROSCOPE PHOTONIQUE</b> . . . . .	146
I - Diamètre apparent d'un objet . . . . .	146
II - Etude de la loupe . . . . .	147
1. Principe . . . . .	147
2. Latitude de mise au point . . . . .	148
3. Puissance . . . . .	149
4. Grossissement . . . . .	150
III - Le microscope photonique . . . . .	150
1. Principe . . . . .	151
2. Le cercle oculaire . . . . .	151
3. Clarté du microscope . . . . .	152
4. Mise au point : profondeur du champ . . . . .	153
5. Puissance . . . . .	155
6. Grossissement . . . . .	156
<b>12. INTERFERENCES LUMINEUSES - APPLICATIONS</b>	
I - Le principe de superposition . . . . .	157
1. Superposition de vibrations : interférences . . . . .	157

2. Production de vibrations cohérentes . . . . .	.158
II - Le phénomène d'interférences lumineuses . . . . .	.159
1. Expression complexe d'une grandeur sinusoïdale . . . . .	.159
2. Calcul de l'intensité lumineuse résultante . . . . .	.160
III - Les applications . . . . .	.162
1. Les franges des lames minces . . . . .	.162
2. Traitement des surfaces réfléchissantes . . . . .	.163
3. Le filtre interférentiel . . . . .	.164
<b>13. DIFFRACTION DE LA LUMIERE - APPLICATIONS</b>	
I - Le phénomène de diffraction de la lumière . . . . .	.168
1. Etude expérimentale . . . . .	.168
2. Interprétation . . . . .	.169
3. Calcul de l'intensité lumineuse . . . . .	.170
II - Les réseaux plans . . . . .	.172
1. Définitions et étude expérimentale . . . . .	.172
2. Le réseau en lumière monochromatique . . . . .	.173
3. Le réseau en lumière complexe : dispersion . . . . .	.176
III - Microscopie en contraste de phase . . . . .	.178
1. Objet d'amplitude et objet de phase . . . . .	.178
2. Observation des objets de phase en contraste de phase . . . . .	.179
<b>14. LE POUVOIR SEPARATEUR DES INSTRUMENTS D'OPTIQUE . . . . .</b>	.183
I - Caractères généraux . . . . .	.183
1. Définitions . . . . .	.183
2. Les causes de la limitation . . . . .	.183
3. Critère de Rayleigh . . . . .	.184
II - Pouvoir séparateur de l'ocul . . . . .	.185
1. Les paramètres . . . . .	.185
2. Les causes de sa limitation . . . . .	.186
III - Pouvoir séparateur du microscope photonique . . . . .	.187
1. Choix de l'objectif : pouvoir séparateur intrinsèque . . . . .	.187
2. Choix de l'oculaire : puissance résolvente . . . . .	.189
IV - Pouvoir de résolution des systèmes monochromateurs . . . . .	.189
1. Définitions . . . . .	.189
2. Expressions . . . . .	.190
<b>15. LE MICROSCOPE ELECTRONIQUE . . . . .</b>	.194
I - Onde associée et pouvoir séparateur . . . . .	.194
II - Notions d'optique électronique . . . . .	.195
1. Réfraction et réflexion d'un faisceau d'électrons . . . . .	.195

2. Les lentilles électroniques électrostatiques . . . . .	.199
3. Les lentilles électroniques électromagnétiques . . . . .	.203
III - Le microscope électronique . . . . .	.203
1. Principe . . . . .	.203
2. Applications . . . . .	.205
<b>16. ASPECT CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE :</b>	
<b>EFFET PHOTOELECTRIQUE . . . . .</b>	<b>.206</b>
I - L'extraction des électrons d'un métal . . . . .	.206
1. La barrière de potentiel . . . . .	.206
2. Le travail de sortie . . . . .	.207
II - L'émission photoélectrique . . . . .	.208
1. Expérience de Hallwachs . . . . .	.208
2. Etude expérimentale - Lois fondamentales . . . . .	.208
3. Interprétation : théorie d'Einstein . . . . .	.210
III - Les applications . . . . .	.211
1. La cellule photoélectrique . . . . .	.211
2. La cellule photomultiplicatrice . . . . .	.212
<b>17. POLARISATION DE LA LUMIERE - OPTIQUE DES</b>	
<b>MILIEUX ANISOTROPES . . . . .</b>	<b>.214</b>
I - Lumière polarisée et lumière naturelle . . . . .	.214
II - Polarisation par réflexion . . . . .	.215
1. Expérience de Malus . . . . .	.215
2. Interprétation : loi de Brewster . . . . .	.216
3. Loi de Malus . . . . .	.218
III - Propagation d'une onde dans un milieu anisotrope . . . . .	.219
1. La biréfringence . . . . .	.219
2. Polarisation par biréfringence . . . . .	.223
3. Polarisation par dichroïsme . . . . .	.224
IV - La polarisation rotatoire naturelle . . . . .	.225
1. Expérience d'Arago . . . . .	.225
2. L'origine de l'activité optique . . . . .	.226
3. Interprétation : théorie de Fresnel . . . . .	.227
4. Application aux dosages polarimétriques . . . . .	.228
<b>18. EMISSION ET ABSORPTION DES RADIATIONS</b>	
<b>ELECTROMAGNETIQUES . . . . .</b>	<b>.232</b>
I - Structure de la matière et spectre d'émission ou d'absorption . . . . .	.232
II - Les spectres atomiques . . . . .	.234
1. L'hydrogène et les hydrogénéoïdes . . . . .	.234
2. Spectre d'émission des alcalins . . . . .	.236
3. Termes spectraux : Principe de combinaison de Ritz . . . . .	.237

III - Les spectres moléculaire . . . . .	237
1. Les états énergétiques d'une molécule . . . . .	237
2. Les spectres de rotation pure . . . . .	238
3. Les spectres de vibration-rotation . . . . .	241
4. Les spectres électroniques . . . . .	243
IV - Spectrométrie . . . . .	245
1. Définitions et principe . . . . .	245
2. Dispositifs expérimentaux en émission . . . . .	245
3. Dispositifs expérimentaux en absorption . . . . .	249
V - Les applications analytiques . . . . .	250
1. Détermination des structures moléculaires . . . . .	250
2. Dosages spectrophotométriques . . . . .	250
VI - La photoluminescence . . . . .	252
1. La fluorescence . . . . .	252
2. La phosphorescence . . . . .	256
VII - Principe du LASER . . . . .	257
1. Emission spontanée et émission stimulée . . . . .	258
2. Le LASER à rubis . . . . .	259
3. Les autres LASERS . . . . .	260
<b>19. ETUDE DES RAYONS X . . . . .</b>	<b>261</b>
I - Production et nature . . . . .	261
1. Les sources de rayons X . . . . .	261
2. La nature des rayons X . . . . .	262
II - L'émission des rayons X . . . . .	263
1. Le rayonnement de freinage . . . . .	263
2. Le rayonnement caractéristique . . . . .	266
III - Interaction des rayons X avec la matière . . . . .	268
1. Expérience fondamentale . . . . .	268
2. Les lois générales de l'atténuation . . . . .	269
3. Les principaux mécanismes d'interaction avec la matière . . . . .	272
<b>20. LES APPLICATIONS DES RAYONS X . . . . .</b>	<b>280</b>
I - Détermination des structures cristallines . . . . .	280
1. Structure d'un cristal . . . . .	280
2. Diffraction par un cristal . . . . .	281
3. Les méthodes expérimentales . . . . .	283
II - Application au radiodiagnostic . . . . .	285
1. Principe : l'atténuation sélective d'un faisceau de rayons X . . . . .	286
2. Les dispositifs expérimentaux classiques . . . . .	287
3. La Tomographie . . . . .	290
4. La Tomodensitométrie (scanner) . . . . .	291

# Physique et biophysique pharmaceutiques

## Tome 1. Électricité - Magnétisme - Optique

Ph. COURRIÈRE

Le tome 1 de cet abrégé regroupe les propriétés électriques et magnétiques fondamentales de la matière comme les mécanismes de propagation du courant dans les différents milieux (semi-conducteurs et transistors), la résonance magnétique nucléaire et son application à l'IRM. L'optique, au sens le plus large du terme, y est ensuite abordée : diffraction, pouvoir séparateur, microscopie photonique et électronique mais aussi émission et absorption des radiations électromagnétiques. Il se termine par l'étude des rayons X et de leurs applications notamment au radiodiagnostic (tomodensitométrie).

Le tome 2 traitera de la biophysique sensorielle et des solutions ainsi que de la physique nucléaire et de ses principales applications.

Même s'il s'adresse plus spécifiquement aux étudiants du 1<sup>er</sup> cycle des études pharmaceutiques (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> années), cet ouvrage intéressera aussi ceux du 1<sup>er</sup> cycle des études médicales, du DEUG B ainsi que les élèves des classes préparatoires comme « bio math sup ».

*Philippe COURRIÈRE, docteur ès-sciences (Paris VI) et docteur en pharmacie (Tours), est professeur à l'université Paul Sabatier (Toulouse III) où il enseigne la physique et la biophysique à l'U.F.R. des sciences pharmaceutiques.*



9 782225 818127



9 782225 818127

PHYSIQUE ET BIOPHYSI

9911.01-77

67287

301199

0001

2  
5  
U  
3

3N 2-225-81812-6