

TABLE DES MATIÈRES

Constantes physiques utiles	XIII
Remerciements	XIV
Avant-propos	1
Chapitre 2. Propriétés des surfaces	3
1.1 Tension d'interface	3
1.1.1 Expériences élémentaires	3
1.1.2 Définition de la tension d'interface	4
1.1.3 Loi de Jurin	5
1.1.4 Loi de Laplace	6
1.1.5 Notion de surfactant	7
1.2 Physique d'une membrane	8
1.2.1 Membrane d'un globule rouge (GR)	8
1.2.2 Mesure de K et μ à l'aide d'une micropipette	10
1.2.3 Membrane artérielle	11
1.2.4 À propos des artères et de la loi de Laplace	15
Exercices	16
Chapitre 3. Mécanique des fluides	19
2.1 Hydrostatique	19
2.1.1 Mise en équation	19
2.1.2 Interprétation physique	20
2.1.3 Surface libre d'un fluide	20
2.1.4 La poussée d'Archimède	21
2.1.5 Mesure d'une pression	22
2.2 Hydrodynamique	24
2.2.1 Loi de Bernoulli	24
2.2.2 Applications élémentaires	25
2.3 Régimes d'écoulement	28
2.3.1 Nombre de Reynolds	28
2.3.2 Exemple de la respiration	28

Table des matières

2.4	Notion de viscosité	30
2.4.1	Approche expérimentale	30
2.4.2	Approche théorique	31
2.4.3	Ordre de grandeur	31
2.5	Loi de Poiseuille	32
2.5.1	Profil de vitesse dans un tube cylindrique	32
2.5.2	Débit volumique	33
2.5.3	Conséquences physiques	34
2.6	Résistance hydraulique	34
2.6.1	Analogie électrique	34
2.6.2	Application au système circulatoire	35
2.7	Particule sphérique dans un fluide visqueux	36
2.7.1	Effet de la gravitation	36
2.7.2	Cas d'un écoulement de Poiseuille	36
2.8	Équation de Navier-Stokes	37
2.8.1	Notion d'accélération convective	37
2.8.2	Équation de Navier-Stokes	38
2.8.3	Application à la modélisation de l'athérosclérose	39
2.8.4	Interprétation du nombre de Reynolds	40
2.9	Propriétés d'un fluide newtonien	41
2.9.1	Définition d'un fluide newtonien	41
2.9.2	Contrainte et déformation	42
2.10	Fluides non-newtoniens	44
2.10.1	Comportement non-linéaire	44
2.10.2	Fluide de Bingham	45
2.10.3	Cas du sang	45
2.10.4	Viscoélasticité du sang	47
	Exercices	50
	Chapitre 4. Mécanique	53
3.1	Cinématique	53
3.1.1	Repérage dans l'espace et dans le temps	53
3.1.2	Systèmes de coordonnées	54
3.1.3	Vitesse et accélération	54
3.2	Dynamique	55
3.2.1	Référentiels galiléens	56
3.2.2	Relation fondamentale de la dynamique	56
3.3	Énergie	57
3.3.1	Notion de travail	57
3.3.2	Théorème de l'énergie cinétique	58
3.3.3	Énergie potentielle et énergie mécanique	59

3.4 Moment cinétique	60
3.4.1 Définition	60
3.4.2 Théorème du moment cinétique	61
3.4.3 Rotation autour d'un axe fixe	61
3.5 Oscillations	63
3.5.1 Oscillateur harmonique	63
3.5.2 Oscillations amorties	64
3.6 Applications	65
3.6.1 Bases de la locomotion	65
3.6.2 Moment cinétique et corps humain	69
3.6.3 Modèle des plis vocaux	70
Exercices	72

Chapitre 5. Thermodynamique **77**

4.1 Applications des deux principes	77
4.1.1 Premier principe	77
4.1.2 Second principe	79
4.1.3 Approche statistique	81
4.1.4 Potentiels et fonctions thermodynamiques	83
4.2 Transferts thermiques	85
4.2.1 Définitions	85
4.2.2 La conduction thermique – Loi de Fourier	85
4.2.3 Équation de la diffusion thermique	86
4.2.5 Résolution de l'équation de diffusion en régime stationnaire	88
4.2.6 Convection thermique. Loi de Newton	88
4.2.7 Analogie électrique	90
4.3 Rayonnement	91
4.3.1 Caractéristiques du rayonnement thermique	91
4.3.2 Définition et propriétés du corps noir	92
4.3.3 Rayonnement d'une surface réelle	95
4.3.4 Corps noir dans une enceinte	95
4.3.5 Constante solaire	97
4.3.6 Absorption par les molécules atmosphériques	97
4.3.7 Nécessité de l'effet de serre	98
Exercices	99

Chapitre 6. Interaction matière rayonnement **103**

5.1 Les ondes électromagnétiques	103
5.1.1 Définitions et propriétés	103
5.1.2 Applications de la polarisation	108
5.1.3 Notion d'indice	111
5.1.4 Notion d'épaisseur de peau	113
5.1.5 Énergie électromagnétique	116

5.2 Processus d'interaction avec les milieux biologiques	119
5.2.1 Introduction	119
5.2.2 Modélisation de l'interaction	119
5.2.3 Conséquences des phénomènes de polarisation	123
5.3 Modélisation quantique	127
5.3.1 Introduction à la mécanique quantique	127
5.3.2 Absorption et diffusion des photons en infrarouge	129
5.3.3 Diffusion	133
5.3.3 Cas du rayonnement X	135
5.3.4 Cas du rayonnement gamma	140
5.3.5 Comparaison des différents processus dans les tissus	141
Exercices	142
Chapitre 7. Sources de rayonnement	145
6.1 Faisceau d'électrons	145
6.1.1 Extraction des électrons d'un métal	145
6.1.2 Accélération des électrons	146
6.1.3 Déviation d'un faisceau	147
6.2 Sources de rayons X	147
6.2.1 Spectre d'émission X	147
6.2.2 Applications	151
6.2.3 Rayonnement synchrotron	152
6.3 Sources de particules lourdes	154
6.3.1 Intérêt thérapeutique	154
6.3.2 Formule de Bethe-Bloch	155
6.4 Sources radioactives	156
6.5 Rayonnement LASER	157
6.5.1 Origine	157
6.5.2 Propriétés du rayonnement	158
6.5.3 Classification des lasers	159
6.5.4 Exemples d'utilisations	160
Exercices	163
Chapitre 8. Radioactivité	165
7.1 Phénomènes de radioactivité	165
7.1.1 Définitions	165
7.1.2 Radioactivité alpha	165
7.1.3 La radioactivité bêta	166
7.1.4 Capture électronique	166
7.1.5 Radioactivité gamma	167
7.1.6 Conversion interne	168

7.2	Quantification de la radioactivité	168
7.2.1	Notion d'activité	168
7.2.2	Loi de décroissance radioactive	169
7.2.3	Période radioactive	170
7.2.4	Période biologique	171
7.3	Applications à l'imagerie médicale	172
7.3.1	Scintigraphie	172
7.3.2	Tomographie par émission de positon (TEP)	172
7.4	Radiothérapie	173
7.4.1	Rayonnements ionisants	173
7.4.2	Curiethérapie	175
7.5	Atténuation d'un rayonnement	176
7.5.1	Pouvoir de pénétration	176
7.5.2	Coefficient d'atténuation	177
7.5.3	Transfert linéique d'énergie	178
7.5.4	Notion de kerma	179
7.6	Dosimétrie des rayonnements ionisants	180
7.6.1	Dose équivalente et dose efficace	180
7.6.2	Exposition aux rayonnements ionisants	181
	Exercices	183
Chapitre 9. Optique		187
8.1	Optique géométrique	187
8.1.1	Principe de Fermat et Lois de Descartes	187
8.1.2	Formules de conjugaison	189
8.1.3	Instruments élémentaires	191
8.1.4	Cas de l'œil	195
8.1.5	Utilisation d'impulsions laser	197
8.2	Optique ondulatoire	199
8.2.1	Interférences lumineuses	199
8.2.2	Diffraction de Fraunhofer	204
	Exercices	211
Chapitre 10. Acoustique		217
9.1	Équation de propagation	217
9.1.1	L'approximation acoustique	217
9.1.2	Vitesse de propagation	219
9.1.3	Utilisation de l'équation d'Euler	219
9.1.4	Solutions de l'équation de propagation	221
9.1.5	Phénomène d'atténuation	223
9.1.6	Notion d'impédance	225
9.1.7	Cas d'un milieu solide	227

9.2 Applications	229
9.2.1 Domaines de fréquence	229
9.2.2 Speckle	229
9.2.3 Échographie Doppler	229
9.2.4 Destruction par ultrasons	232
Exercices	236
Chapitre 11. Électrocinétique	239
10.1 Électrocinétique	239
10.1.1 Caractéristiques d'un courant électrique	239
10.1.2 Production d'un courant électrique	241
10.1.3 Loi d'Ohm	242
10.1.4 Dipôles électriques	243
10.1.5 Approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS)	244
10.1.6 Réseaux linéaires en régime continu	245
10.1.7 Régime transitoire	249
10.2 Régime sinusoïdal	252
10.2.2 Tension aux bornes d'un dipôle	252
10.2.3 Notion d'impédance	253
10.2.4 Modèle de Windkessel	257
Exercices	259
Chapitre 12. Électrostatique-Magnétostatique	263
11.1 Électrostatique	263
11.1.1 La charge électrique	263
11.1.2 Force électrostatique	264
11.1.3 Champ électrostatique	265
11.1.4 Potentiel électrostatique	266
11.1.5 Relation entre le champ et le potentiel	268
11.2 Formule de Nerst-Planck	269
11.2.1 Notion de diffusion	269
11.2.2 Formule de Nernst-Planck	270
11.3 Application aux membranes	272
11.4 Notion de dipôle	275
11.4.1 Dipôle électrostatique	275
11.4.2 Source dipolaire de courant	278
11.4.3 Application à l'électrocardiogramme	280
11.5 Énergie d'interaction	281
11.5.1 L'interaction dipôle-dipôle (interaction de Keesom)	281
11.5.2 Effet d'induction (force de Debye)	282
11.5.3 L'effet de dispersion ou force de London	282
11.5.4 Modélisation d'une énergie potentielle	282

11.6 Magnétostatique	283
11.6.1 Formule de Biot et Savart	283
11.6.2 Propriétés du champ magnétique	284
11.6.3 Dipôle magnétique	285
11.6.4 Applications	286
Exercices	287
Chapitre 13. Imagerie	291
12.1 Radiographie	291
12.1.1 Principe	291
12.1.2 Remarque importante	292
12.2 Tomographie par rayons X	294
12.2.1 Principe	294
12.2.2 Détecteur à scintillation	296
12.3 Tomographie par émission de positons (TEP)	296
12.4 Scintigraphie	297
12.4.1 Principe	297
12.4.2 Gamma caméra	297
12.5 Imagerie par résonance magnétique (I.R.M)	297
12.5.1 Éléments de R.M.N	297
12.5.2 Application à l'Imagerie par Résonance Magnétique (Nucléaire)	301
Exercices	309
Solutions des exercices	313
Bibliographie	345
Index	347