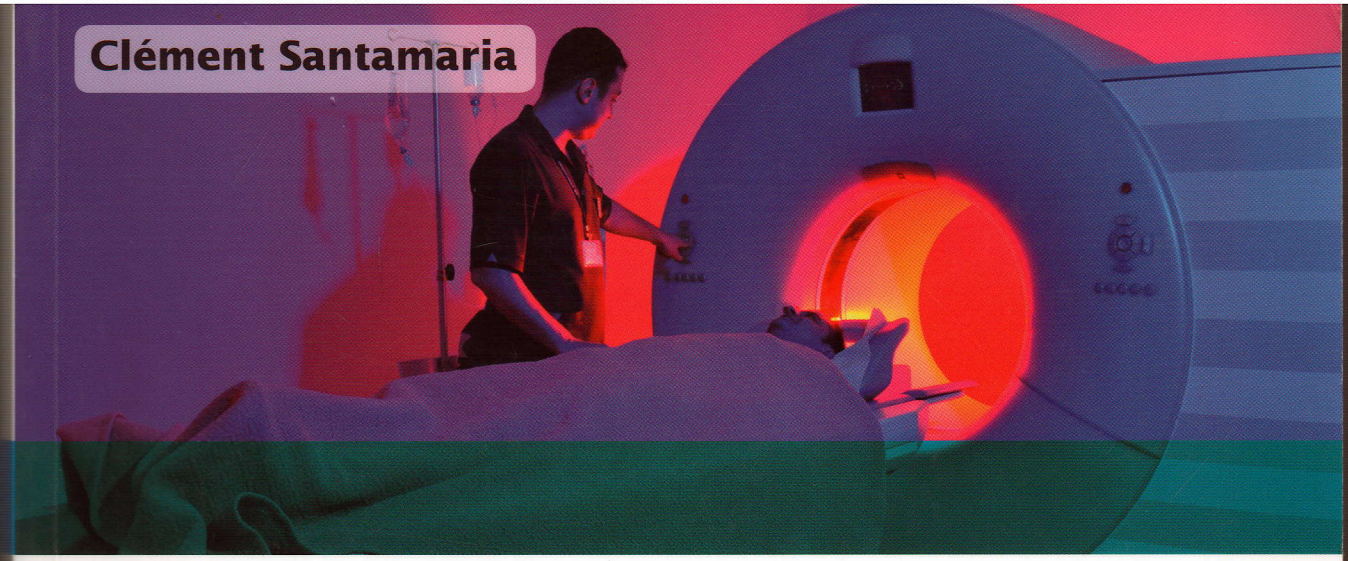
Clément Santamaria



Physique pour les Sciences de la vie et de la santé

Cours et exercices corrigés

Licence
PACES

DUNOD

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

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

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 poisseuille 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

© Dunod - La photocopie non autorisée est un délit.

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

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

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**

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

SCIENCES SUP

- MATHÉMATIQUES
- PHYSIQUE
- CHIMIE
- SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
- INFORMATIQUE
- SCIENCES DE LA VIE
- SCIENCES DE LA TERRE

Clément Santamaria

Physique pour les Sciences de la vie et de la santé

Cours et exercices corrigés

Cet ouvrage s'adresse aux étudiants en Licence de Sciences de la vie ou de la filière santé.

Il explique les concepts physiques fondamentaux sur lesquels reposent toutes les modélisations rencontrées en médecine ou en biologie. Il permet d'acquérir une base théorique solide dans les domaines de la physique enseignés en sciences de la vie et de la santé : propriétés des surfaces, mécanique, électromagnétisme, thermodynamique, optique, acoustique, électrocinétique...

Un soin particulier a été apporté au choix des exemples qui décrivent des applications concrètes en biologie ou en médecine. Chaque chapitre est complété par des exercices d'entraînement, tous corrigés, pour permettre de se préparer aux examens et concours.

Les +

- Applications concrètes en biologie et en médecine
- Nombreux exercices corrigés

Le public :

- Licence Sciences de la Vie
- PACES

Clément Santamaria
est docteur en physique et professeur agrégé à l'université de Cergy-Pontoise.

LICENCE MASTER DOCTORAT
1 2 3 4 5 6 7 8

9 782100 573431
6953111
ISBN 978-2-10-057343-1

DUNOD
dunod.com