

# Table des matières

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>I</b> | <b>Physique</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>1</b> | <b>Mécanique fondamentale</b>                         | <b>9</b>  |
| 1.1      | Calcul vectoriel . . . . .                            | 9         |
| 1.1.1    | Coordonnées d'un vecteur. Mesure algébrique . . . . . | 9         |
| 1.1.2    | Produit scalaire. Norme d'un vecteur . . . . .        | 10        |
| 1.2      | Cinématique du point . . . . .                        | 12        |
| 1.2.1    | Vecteur espace. Équations horaires . . . . .          | 12        |
| 1.2.2    | Vecteur vitesse. Vecteur accélération . . . . .       | 12        |
| 1.2.3    | Étude de quelques mouvements particuliers . . . . .   | 13        |
| 1.3      | Dynamique . . . . .                                   | 15        |
| 1.3.1    | Quantité de mouvement . . . . .                       | 16        |
| 1.3.2    | Principe fondamental de la dynamique . . . . .        | 16        |
| 1.3.3    | Problèmes de ressorts . . . . .                       | 20        |
| 1.3.4    | Gravitation . . . . .                                 | 20        |
| 1.3.5    | Problèmes de chocs . . . . .                          | 22        |
| 1.4      | Énergétique . . . . .                                 | 24        |
| 1.4.1    | Énergie cinétique . . . . .                           | 24        |
| 1.4.2    | Travail et puissance d'une force . . . . .            | 25        |
| 1.4.3    | Énergie potentielle . . . . .                         | 27        |
| 1.4.4    | Énergie mécanique . . . . .                           | 28        |
| 1.4.5    | Théorème de l'énergie cinétique . . . . .             | 28        |
| 1.5      | Principe de conservation de l'énergie . . . . .       | 29        |
| 1.6      | Compléments . . . . .                                 | 31        |
| 1.6.1    | Notion de gradient . . . . .                          | 31        |
| 1.6.2    | Force dérivant d'une énergie potentielle . . . . .    | 32        |
| 1.6.3    | Étude des équilibres mécaniques . . . . .             | 33        |
| 1.7      | Questions à choix multiples . . . . .                 | 34        |
| <b>2</b> | <b>Électrostatique</b>                                | <b>51</b> |
| 2.1      | Préliminaires géométriques . . . . .                  | 51        |
| 2.2      | Généralités . . . . .                                 | 51        |
| 2.2.1    | Charges sources . . . . .                             | 52        |
| 2.2.2    | Particules d'épreuve . . . . .                        | 52        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 2.2.3    | Conclusion . . . . .   | 52         |
| 2.3      | Lois de Coulomb . . . . .  | 53         |
| 2.3.1    | Les sources : champ et potentiel . . . . .                         | 53         |
| 2.3.2    | Force et énergie potentielle . . . . .                             | 55         |
| 2.4      | Dipôles et distributions dipolaires . . . . .                      | 57         |
| 2.4.1    | Définitions . . . . .  | 57         |
| 2.4.2    | Champ et potentiel créés par un dipôle à grande distance . . . . . | 58         |
| 2.5      | Questions à choix multiples . . . . .                              | 61         |
| <b>3</b> | <b>Électromagnétisme</b>   | <b>83</b>  |
| 3.1      | Les aimants . . . . .  | 83         |
| 3.2      | Champs créés par des courants . . . . .                            | 83         |
| 3.2.1    | Produit vectoriel . . . . .  | 84         |
| 3.2.2    | Loi de Biot et Savart . . . . .                                    | 86         |
| 3.2.3    | Quelques champs classiques . . . . .                               | 87         |
| 3.3      | Forces magnétiques . . . . .                                       | 91         |
| 3.3.1    | Force de Lorentz . . . . .   | 91         |
| 3.3.2    | Loi de Laplace . . . . .   | 92         |
| 3.4      | Questions à choix multiples . . . . .                              | 94         |
| <b>4</b> | <b>Résonance magnétique nucléaire</b>                              | <b>109</b> |
| 4.1      | Introduction . . . . .   | 109        |
| 4.1.1    | Radiologie classique et scanner . . . . .                          | 109        |
| 4.1.2    | Scintigraphie . . . . .  | 109        |
| 4.1.3    | Avertissement . . . . .  | 110        |
| 4.2      | Moment magnétique . . . . .  | 110        |
| 4.2.1    | Aspect macroscopique . . . . .                                     | 110        |
| 4.2.2    | Aspect microscopique . . . . .                                     | 111        |
| 4.2.3    | Lien entre les mondes microscopique et macroscopique               | 112        |
| 4.3      | La bascule de $90^\circ$ . . . . .                                 | 116        |
| 4.4      | La relaxation . . . . .  | 118        |
| 4.4.1    | Repousse de $M_z$ . . . . .  | 118        |
| 4.4.2    | Disparition de $M_t$ . . . . .                                     | 118        |
| 4.5      | Quelques aspects techniques . . . . .                              | 120        |
| 4.6      | Le signal RMN . . . . .  | 121        |
| 4.6.1    | Induction électromagnétique . . . . .                              | 121        |
| 4.6.2    | Temps de répétition $T_R$ . . . . .                                | 122        |
| 4.6.3    | Temps d'écho de spin $T_E$ . . . . .                               | 122        |
| 4.7      | Analyse du signal et obtention de l'image du signal . . . . .      | 123        |
| 4.7.1    | Obtention d'une image par tomographie transverse . . . . .         | 125        |
| 4.7.2    | Les gradients de champ . . . . .                                   | 126        |
| 4.7.3    | Transformée de Fourier . . . . .                                   | 127        |
| 4.7.4    | Dernière récapitulation . . . . .                                  | 128        |

---

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.8      | Questions à choix multiples . . . . .  | 129        |
| <b>5</b> | <b>Optique géométrique</b>   | <b>141</b> |
| 5.1      | Généralités . . . . .  | 141        |
| 5.1.1    | Source ponctuelle. Point objet . . . . .                                       | 141        |
| 5.1.2    | Notion de rayon lumineux . . . . .   | 142        |
| 5.1.3    | Système optique dioptrique . . . . .   | 142        |
| 5.1.4    | Conditions de Gauss . . . . .  | 143        |
| 5.1.5    | Point image . . . . .  | 144        |
| 5.1.6    | Image d'un objet étendu . . . . .  | 145        |
| 5.2      | Espace objet - Espace image . . . . .  | 145        |
| 5.2.1    | Espace objet . . . . .   | 145        |
| 5.2.2    | Espace image . . . . .   | 145        |
| 5.3      | Réalité -Virtualité . . . . .  | 146        |
| 5.3.1    | Réalité . . . . .  | 146        |
| 5.3.2    | Virtualité . . . . .   | 146        |
| 5.4      | Conventions de signe . . . . .   | 146        |
| 5.5      | Grandissement-Grossissement . . . . .  | 147        |
| 5.5.1    | Grandissement . . . . .  | 147        |
| 5.5.2    | Grossissement . . . . .  | 147        |
| 5.6      | Foyers et vergence . . . . .   | 148        |
| 5.6.1    | Foyers . . . . .   | 148        |
| 5.6.2    | Vergence . . . . .   | 149        |
| 5.7      | Lois de la réflexion et de la réfraction de Snell-Descartes . .                | 149        |
| 5.7.1    | Dioptré plan . . . . .   | 149        |
| 5.7.2    | Loi de Snell-Descartes . . . . .   | 150        |
| 5.8      | Dioptrés sphériques . . . . .  | 152        |
| 5.8.1    | Définition . . . . .   | 152        |
| 5.8.2    | Equations de conjugaison . . . . .   | 152        |
| 5.8.3    | Grandissement . . . . .  | 153        |
| 5.8.4    | Foyers - Distances focales -Vergence . . . . .                                 | 153        |
| 5.8.5    | Remarques . . . . .  | 154        |
| 5.9      | Cas particulier : dioptré plan . . . . .                                       | 154        |
| 5.10     | Lentilles . . . . .  | 154        |
| 5.10.1   | Définition . . . . .   | 154        |
| 5.10.2   | Vergence d'une lentille mince . . . . .  | 155        |
| 5.10.3   | Equations de conjugaison et de grandissement d'une<br>lentille mince . . . . . | 156        |
| 5.10.4   | Quelques constructions particulières . . . . .                                 | 159        |
| 5.10.5   | Instruments d'optique . . . . .  | 161        |
| 5.11     | L'oeil . . . . .   | 162        |
| 5.11.1   | Le modèle simplifié de Listing . . . . .                                       | 162        |
| 5.11.2   | Accommodation . . . . .  | 162        |
| 5.11.3   | Définitions . . . . .  | 163        |

|  |     |
|--|-----|
| 5.11.4 Amétropies de l'oeil . . . . .      | 163 |
| 5.12 Questions à choix multiples . . . . . | 167 |

## II Biophysique 177

### 6 Radioactivité 179

|  |     |
|--|-----|
| 6.1 Les particules élémentaires . . . . .                          | 179 |
| 6.1.1 Les fermions . . . . .                                       | 179 |
| 6.1.2 La matière . . . . .   | 180 |
| 6.1.3 Les bosons . . . . .   | 180 |
| 6.2 Les rayonnements (ou radiations) . . . . .                     | 181 |
| 6.2.1 Définition . . . . .   | 181 |
| 6.2.2 Le rayonnement électromagnétique . . . . .                   | 181 |
| 6.2.3 A) Le rayonnement cosmique . . . . .                         | 182 |
| 6.3 Niveaux d'énergie . . . . .                                    | 183 |
| 6.3.1 Les niveaux d'énergie de l'atome . . . . .                   | 183 |
| 6.3.2 Les niveaux d'énergie du noyau : le modèle en couches        | 184 |
| 6.4 Équivalence masse-énergie . . . . .                            | 185 |
| 6.4.1 Relation d'Einstein . . . . .                                | 185 |
| 6.4.2 Définitions . . . . .  | 185 |
| 6.4.3 Unités de la physique atomique et nucléaire . . . . .        | 185 |
| 6.5 Les réactions nucléaires . . . . .                             | 186 |
| 6.5.1 Les réactions provoquées . . . . .                           | 186 |
| 6.5.2 Les réactions spontanées . . . . .                           | 187 |
| 6.6 Défaut de masse . . . . .                                      | 187 |
| 6.6.1 Énergie de liaison et radioactivité . . . . .                | 187 |
| 6.7 Les différents types de radioactivité . . . . .                | 188 |
| 6.7.1 Radioactivité $\alpha$ . . . . .                             | 188 |
| 6.7.2 Radioactivité $\beta^-$ . . . . .                            | 190 |
| 6.7.3 Radioactivité $\beta^+$ . . . . .                            | 191 |
| 6.7.4 Capture électronique . . . . .                               | 192 |
| 6.7.5 Radioactivité $\gamma$ . . . . .                             | 193 |
| 6.7.6 Conversion interne . . . . .                                 | 193 |
| 6.7.7 Définitions . . . . .  | 193 |
| 6.8 Aspect quantitatif : loi de décroissance radioactive . . . . . | 194 |
| 6.8.1 Activité . . . . .   | 194 |
| 6.8.2 Loi de décroissance radioactive . . . . .                    | 195 |
| 6.8.3 Filiations radioactives . . . . .                            | 196 |
| 6.9 Questions à choix multiples . . . . .                          | 197 |

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>7 Interactions<br/>des rayonnements<br/>avec la matière</b>                          | <b>211</b> |
| 7.1 Interactions avec les particules matérielles . . . . .                              | 211        |
| 7.1.1 Particules chargées . . . . .   | 211        |
| 7.1.2 Particules neutres : cas des neutrons . . . . .                                   | 215        |
| 7.2 Interactions avec les photons . . . . .   | 216        |
| 7.2.1 Aspects énergétiques . . . . .  | 216        |
| 7.2.2 Différentes géométries de faisceaux de photons . . .                              | 217        |
| 7.2.3 L'odyssée d'un photon à travers la matière . . . . .                              | 219        |
| 7.2.4 Probabilités d'interaction . . . . .  | 223        |
| 7.2.5 Probabilités des différentes interactions . . . . .                               | 225        |
| 7.3 Questions à choix multiples . . . . .   | 228        |
| <b>8 Les rayons X</b>   | <b>243</b> |
| 8.1 Rayonnement de freinage . . . . .   | 243        |
| 8.1.1 Le principe physique . . . . .  | 243        |
| 8.1.2 Spectre du bremsstrahlung . . . . .   | 244        |
| 8.2 Production de rayons X . . . . .  | 246        |
| 8.2.1 Le dispositif expérimental : tube de Coolidge . . . . .                           | 246        |
| 8.2.2 Le fonctionnement . . . . .   | 246        |
| 8.2.3 Les rayons X du rayonnement de freinage . . . . .                                 | 247        |
| 8.2.4 Les rayons X d'excitation-désexcitation . . . . .                                 | 247        |
| 8.2.5 Puissance du tube . . . . .   | 247        |
| 8.2.6 Rendement du tube . . . . .   | 248        |
| 8.3 Questions à choix multiples . . . . .   | 249        |
| <b>9 Dosimétrie</b>   | <b>261</b> |
| 9.1 Les objectifs . . . . .   | 261        |
| 9.1.1 Aspect Physique . . . . .   | 261        |
| 9.1.2 Effets biologiques . . . . .  | 261        |
| 9.1.3 Le public concerné . . . . .  | 262        |
| 9.2 Aspect physique : la dose absorbée . . . . .  | 262        |
| 9.2.1 Définition . . . . .  | 262        |
| 9.2.2 Unité internationale . . . . .  | 262        |
| 9.2.3 Débit de dose . . . . .   | 262        |
| 9.2.4 Calcul pratique . . . . .   | 262        |
| 9.3 Période effective . . . . .   | 264        |
| 9.3.1 Cas d'une irradiation externe . . . . .   | 264        |
| 9.3.2 Cas d'une irradiation interne . . . . .   | 264        |
| 9.4 Aspects biologiques et physiologiques : doses équivalente et<br>effective . . . . . | 265        |
| 9.5 Conclusion . . . . .  | 267        |
| 9.6 Questions à choix multiples . . . . .   | 268        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>10 Solutions aqueuses -</b>  |            |
| <b>Compartiments liquidiens</b>   | <b>281</b> |
| 10.1 Définitions . . . . .  | 281        |
| 10.1.1 L'eau . . . . .  | 281        |
| 10.1.2 Solution-Solvant-Soluté . . . . .  | 282        |
| 10.1.3 Concentrations . . . . .   | 283        |
| 10.2 Electrolytes . . . . .   | 286        |
| 10.2.1 Définition . . . . .   | 286        |
| 10.2.2 Osmolarité d'un électrolyte . . . . .  | 286        |
| 10.3 Le contenu en eau . . . . .  | 288        |
| 10.3.1 L'eau et le corps humain . . . . .   | 288        |
| 10.3.2 Les compartiments de l'organisme . . . . .   | 288        |
| 10.3.3 Mesure des volumes des compartiments . . . . .   | 288        |
| 10.4 La cryoscopie . . . . .  | 290        |
| 10.4.1 Le phénomène physique . . . . .  | 290        |
| 10.4.2 La loi de la cryoscopie de Raoult . . . . .  | 290        |
| 10.5 Questions à choix multiples . . . . .  | 291        |
| <b>11 Transports membranaires</b>   | <b>303</b> |
| 11.1 Diffusion et osmose . . . . .  | 303        |
| 11.1.1 Débit et flux . . . . .  | 303        |
| 11.1.2 Forces . . . . .   | 304        |
| 11.1.3 Lien entre flux et forces . . . . .  | 305        |
| 11.1.4 Les différents types de membranes . . . . .  | 306        |
| 11.2 Transports passifs des petites particules . . . . .  | 306        |
| 11.2.1 Loi de Fick. . . . .   | 306        |
| 11.2.2 Dialyse . . . . .  | 308        |
| 11.2.3 Osmose. . . . .  | 309        |
| 11.2.4 Considérations biologiques . . . . .   | 310        |
| 11.3 Forces de starling . . . . .   | 311        |
| 11.3.1 Les mouvements liquidiens entre plasma et interstitium (situation physiologique) . . . . . | 311        |
| 11.3.2 Les oedèmes : Situations pathologiques . . . . .   | 312        |
| 11.3.3 Mouvements d'eau entre les cellules et l'interstitium . . . . .                            | 313        |
| 11.4 Équilibre de Gibbs-Donnan . . . . .  | 314        |
| 11.4.1 1 <sup>ère</sup> situation : protéine neutre seulement . . . . .                           | 314        |
| 11.4.2 2 <sup>ème</sup> situation : protéine neutre + NaCl . . . . .                              | 314        |
| 11.4.3 3 <sup>ème</sup> situation : protéine chargée + NaCl . . . . .                             | 315        |
| 11.5 Questions à choix multiples . . . . .  | 318        |