

Philippe Miné

Cours et problèmes  
corrigés de physique  
nucléaire et de physique  
des particules



**La côte de l'ouvrage : 2-539-82**

# TABLE DES MATIÈRES

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CHAPITRE I NOTIONS FONDAMENTALES</b>         | <b>9</b>  |
| I.1 Introduction                                | 9         |
| I.2 Mécanique quantique                         | 11        |
| I.3 Relativité                                  | 13        |
| I.4 Unités et constantes                        | 14        |
| I.5 Ordres de grandeur                          | 14        |
| I.6 Équations d'onde                            | 16        |
| I.7 Antiparticules                              | 18        |
| I.8 Principe de Pauli                           | 19        |
| <br>  |           |
| <b>CHAPITRE II NOYAUX</b>                       | <b>21</b> |
| II.1.1 Structure                                | 21        |
| II.1.2 Spin                                     | 23        |
| II.1.3 Réactions nucléaires                     | 25        |
| II.1.4 Énergie de liaison                       | 27        |
| II.1.5 Énergie nucléaire                        | 28        |
| II.2 Noyaux miroirs                             | 31        |
| II.3 Électrons dans le noyau                    | 32        |
| II.4 Fission de l'uranium                       | 35        |
| II.5 Stabilité des noyaux légers                | 37        |
| <br>  |           |
| <b>CHAPITRE III DÉSINTÉGRATIONS</b>             | <b>41</b> |
| III.1.1 Les trois radioactivités                | 41        |
| III.1.2 Lois de désintégration                  | 42        |
| III.1.3 Chaînes de désintégrations              | 43        |
| III.1.4 Radioactivité $\alpha$                  | 44        |
| III.1.5 Radioactivité $\gamma$                  | 46        |
| III.2 Datation par le carbone 14                | 47        |
| III.3 Chaîne radioactive                        | 50        |
| III.4 Filiations radioactives                   | 51        |
| III.5 Empoisonnement d'un réacteur par le xénon | 53        |

---

|  |            |
|--|------------|
| <b>CHAPITRE IV NUCLÉAIRE APPLIQUÉ</b>                    | <b>57</b>  |
| IV.1.1 Introduction                                      | 57         |
| IV.1.2 Interaction des particules avec la matière        | 58         |
| IV.1.3 Les rayonnements et la vie                        | 60         |
| IV.1.4 Traceurs et marqueurs                             | 62         |
| IV.1.5 Risques de l'industrie nucléaire                  | 63         |
| IV.1.6 Imagerie et médecine nucléaires                   | 64         |
| IV.1.7 Physique fondamentale et appliquée                | 66         |
| IV.2 Effet Mössbauer et principe d'équivalence           | 67         |
| IV.3 Radiobiologie                                       | 71         |
| IV.4 Effets atomiques, atomes exotiques                  | 73         |
| <br>   |            |
| <b>CHAPITRE V NEUTRINOS</b>                              | <b>79</b>  |
| V.1.1 Leptons  | 79         |
| V.1.2 Désintégrations en deux et trois corps             | 80         |
| V.1.3 Oscillation et masse des neutrinos                 | 81         |
| V.1.4 Parité et conjugaison de charge                    | 83         |
| V.2 Des neutrinos pour la paix                           | 86         |
| V.3 Réactions nucléaires dans le Soleil                  | 90         |
| V.4 Faisceaux de neutrinos à longue base                 | 93         |
| V.5 Désintégration du proton et oscillation de neutrinos | 97         |
| <br>   |            |
| <b>CHAPITRE VI QUARKS</b>                                | <b>101</b> |
| VI.1.1 Hadrons   | 101        |
| VI.1.2 Structure des nucléons                            | 102        |
| VI.1.3 Nombres quantiques                                | 103        |
| VI.1.4 Classification                                    | 105        |
| VI.2 Lois de conservation                                | 108        |
| VI.3 Modèle statique des quarks                          | 109        |
| VI.4 Désintégration des pions                            | 112        |
| VI.5 Particules étranges                                 | 115        |
| <br>   |            |
| <b>CHAPITRE VII EXPÉRIENCES SUR ACCÉLÉRATEURS</b>        | <b>121</b> |
| VII.1.1 Accélérateurs de particules                      | 121        |
| VII.1.2 Modèle standard                                  | 123        |
| VII.1.3 Gravitation                                      | 124        |
| VII.2 Énergie de seuil                                   | 124        |
| VII.3 Collisionneur électron-positron                    | 127        |
| VII.4 Des trous noirs au LHC ?                           | 130        |

---

|  |            |
|--|------------|
| <b>CHAPITRE VIII INTERACTIONS</b>      | <b>135</b> |
| VIII.1.1 Brisure spontanée de symétrie | 135        |
| VIII.1.2 Constantes de couplage        | 137        |
| VIII.1.3 Chromodynamique quantique     | 138        |
| VIII.1.4 Au-delà du Modèle standard    | 139        |
| VIII.2 Spin du photon                  | 141        |
| VIII.3 Zone de Planck                  | 145        |
| VIII.4 Couplages                       | 148        |
| <br>                                   |            |
| <b>BIBLIOGRAPHIE</b>                   | <b>151</b> |
| <br>                                   |            |
| <b>INDEX</b>                           | <b>155</b> |