W. E. Meyerhof

Eléments de physique nucléaire

Dunod Université

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE V

1 CONCEPTS NUCLÉAIRES DE BASE 1

1.1 Introduction 1

1.2 Propriétés nucléaires de base 3

a MASSE ET CHARGE NUCLÉAIRES, 3.
b DIMENSION NUCLÉAIRE, 4.
c MOMENT ANGULAIRE INTRINSÈQUE DU NOYAU, 6.
d PROPRIÉTÉS DYNAMIQUES DES NOYAUX, 7.
e NOMENCLATURE, 8.

Problèmes 9

2 STRUCTURE NUCLÉAIRE 11

2.1 Introduction 11

2.2 Eléments de mécanique quantique **12**

a L'ONDE DE DE BROGLIE, 12.
b EQUATION DE SCHRÖDINGER, 15.
c INTERPRÉTATION DE Ψ. CONDITIONS AUX LIMITES, 17.
d EQUATION DE SCHRÖDINGER EN COORDONNÉES SPHÉRIQUES, 20.
e EQUATION D'ONDE DE DEUX PARTICULES EN INTERACTION, 22.
f PARTICULE DANS UNE BOÎTE CUBIQUE FERMÉE, 25.
g PÉNÉTRATION D'UNE BARRIÈRE PAR UNE PARTICULE, 30.
h PARITÉ, 34.

2.3 Energie nucléaire de liaison **35**

a DÉFINITIONS, 36.
b ENERGIE MOYENNE DE LIAISON PAR NUCLÉON. SATURATION ET COURTE PORTÉE DES FORCES NUCLÉAIRES, 37.
c SYSTÉMATIQUE DE L'ÉNERGIE DE SÉPARATION, 40.
d SYSTÉMATIQUE DE L'ABONDANCE DES NUCLIDES STABLES, 41.

2.4 Modèle de la goutte liquide. Formule semi-empirique de masse **43**

a ENERGIE COULOMBIENNE D'UN NOYAU SPHÉRIQUE, 45.
b ENERGIE D'ASYMÉTRIE, 46.
c PARABOLES DE MASSE. LIGNE DE STABILITÉ, 47.
d RÉSUMÉ. EFFETS DE COUCHES, 49.

2.5 Modèles en couches **50**

a BASES EXPÉRIMENTALES DU MODÈLE EN COUCHES, 53.
b MODÈLE EN COUCHES A PARTICULE INDÉPENDANTE, 56.
c MODÈLE AVEC COUPLAGE SPIN-ORBITE, 60.
d LES AUTRES MODÈLES NUCLÉAIRES, 63.

2.6 Niveaux d'énergie des noyaux **66**

2.7 Symétrie de charge et indépendance de charge des forces nucléaires **70**

Problèmes **74**

3 INTERACTIONS DES RAYONNEMENTS NUCLÉAIRES AVEC LA MATRICE 79

3.1 **Introduction** 79

3.2 **Interaction des particules chargées avec la matière** 80

3.3 **Interactions des neutrons avec la matière** 93

a PERTE D'ÉNERGIE DES NEUTRONS, 93.
b DISTRIBUTION EN ÉNERGIE DES NEUTRONS APRÈS COLLISION, 96.

3.4 **Interaction du rayonnement gamma avec la matière** 98

a ABSORPTION DES RAYONS GAMMA, 99.
b EFFET COMPTON 101.
c EFFET PHOTOÉLECTRIQUE, 107.
d PRODUCTION DE PAIRES, 109.

3.5 **Interaction des positrons avec la matière** 112

3.6 **Détection des rayonnements nucléaires** 113

Problèmes 117

4 DÉSINTÉGRATION RADIOACTIVE 123

4.1 **Introduction** 123

4.2 **Radioactivité** 124

a DÉSINTÉGRATION D'UN SEUL RADIO-ISOTOPE, 124.
b PRODUCTION D'UN RADIO-ISOTOPE PAR BOMBARDEMENT NUCLÉAIRE, 127.
c PRODUCTION D'UN RADIO-ISOTOPE PAR LA DÉSINTÉGRATION D'UN PARENT, 128.
d CAS PARTICULIERS, 129.

4.3 **Largeurs des états instables** 131

4.4 **Désintégration gamma** 133

a CINÉMATIQUE DE LA DÉSINTÉGRATION GAMMA, 133.
b CONSTANTE DE DÉSINTÉGRATION, 134.
c EFFETS QUANTIQUES, 136.
d CLASSIFICATION DES DÉSINTÉGRATIONS GAMMA, 138.
e CONVERSION INTERNE, 143.
f RENSEIGNEMENTS SUR LA STRUCTURE NUCLÉAIRE A PARTIR DE LA DÉSINTÉGRATION GAMMA, 147.

4.5 Désintégration alpha **147**

a Cinématique de la désintégration alpha, 148.
b Constante de désintégration pour la désintégration alpha, 151.
c Facteurs d'empêchement, 157.
d Spectres de particules alpha, 159.

4.6 Désintégration bêta **159**

a Hypothèse du neutrino, 159.
b Energétiques de l'émission bêta, 163.
c Constante de désintégration pour l'émission bêta, 164.
d Forme du spectre bêta, 168.
e Durée de vie et classification des rayonnements bêta, 171.
f Capture électronique, 174.
g Désintégration bêta inverse, 177.
h Non-conservation de la parité dans la désintégration bêta, 179.
i Information sur la structure nucléaire a partir de la désintégration bêta, 180.

Problèmes **181**

5 RÉACTIONS NUCLÉAIRES **187**

5.1 Introduction **187**

5.2 Application des lois de conservation **190**

a Energétique. Conservation du moment linéaire, 191.
b Les autres lois de conservations, 196.

5.3 Les différentes réactions nucléaires **197**

5.4 Sections efficaces **198**

a Définition d'une section efficace, 198.
b Dépendance énergétique et angulaire des sections efficaces expérimentales, 203.
c Section efficace coulombienne, 203.
d Discussion qualitative des sections efficaces de neutrons, 210.

5.5 Réactions par noyau composé **213**

a FORMATION DU NOYAU COMPOSÉ, 215.
b DÉSINTÉGRATION DU NOYAU COMPOSÉ, 217.
c CAS PARTICULIERS, 219.

5.6 Réactions directes **223**

a MODÈLE OPTIQUE, 223.
b MODÈLE D'INTERACTION SUPERFICIELLE, 227.
c RÉACTIONS DE STRIPPING, 231.

5.7 Fission **231**

a ENERGIE LIBÉRÉE DANS UNE FISSION, 232.
b DÉTAILS DE LA FISSION, 234.
c SECTION EFFICACE DE FISSION, 238.

Problèmes **239**

6 FORCE NUCLÉAIRE **243**

6.1 Introduction **243**

6.2 Théorie mésique des forces nucléaires **244**

Problèmes **250**

A INFORMATION SUR LA FORCE NUCLÉAIRE A PARTIR DU SYSTÈME A DEUX NUCLÉONS **251**

A.1 Structure du deuton **252**

A.2 Théorie de la diffusion **256**

AMPLITUDE DE DIFFUSION, 256.
ANALYSE DE L'ONDE PARTIELLE, 258.
DÉPHASAGE DE L'ONDE *s*, 261.
LONGUEUR DE DIFFUSION, 263.

A.3 Diffusion neutron-proton **264**

A.4 Etat virtuel du deuton. Diffusion de neutrons par le para-hydrogène **268**

A.5 Paramètres de la force entre deux nucléons **270**

B PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES ÉLÉMENTS 273

C PROPRIÉTÉS DES NUCLIDES STABLES 277

D VALEURS DES CONSTANTES PHYSIQUES ET FACTEURS DE CONVERSION 283

RÉPONSES AUX PROBLÈMES 287

BIBLIOGRAPHIE 295

INDEX 301