

Biophysique des radiations et imagerie médicale

J. DUTREIX / A. DESGREZ
B. BOK / J.-M. VINOT

 4^e édition

MASSON 

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
---------------------------	---

I MATIÈRE ET ÉNERGIE

GRANDEURS ET UNITÉS	5
----------------------------------	---

Masse	5
Quantité de mouvement	7
Charge électrique	7
Énergie	7

PARTICULES ET RADIATIONS	10
---------------------------------------	----

Particules matérielles	10
Rayonnement électromagnétique et photon	12
Dualité onde-corpuscule	15

STRUCTURE ÉNERGÉTIQUE DE LA MATIÈRE	17
--	----

Les atomes	17
------------------	----

L'énergie de liaison	18
----------------------------	----

La structure électronique des atomes	19
--	----

Condition d'équilibre et énergie de liaison d'un électron sur une orbite circulaire (Rutherford)	19
Quantification des couches orbitaires (Bohr)	21
Quantification des sous-couches (Sommerfeld)	23
Valeurs des énergies de liaison des couches	24

Absorption et émission d'énergie par la structure électronique de l'atome	25
--	----

Ionisation	25
Excitation	26
Fluorescence	27
Effet Auger	30

Absorption d'énergie par les molécules et les cristaux	30
---	----

II RAYONNEMENTS IONISANTS

1	INTERACTIONS DES RAYONNEMENTS IONISANTS AVEC LA MATIÈRE	37
	Aspects généraux de l'interaction entre deux particules chargées	37
	Interactions des électrons avec la matière	39
	Interaction électron-électron. Pouvoir d'arrêt par collision	40
	Interaction électron-noyau. Pouvoir d'arrêt par freinage	42
	Pouvoir d'arrêt total	43
	Longueur de trajectoire et parcours pratique	43
	Interactions des particules lourdes chargées avec la matière	45
	Interactions des neutrons avec la matière	46
	Effets élémentaires produits dans le milieu	47
	Ionisation, Excitation	48
	Transfert linéique d'énergie (TEL). Densité linéique des ionisations (DLI)	49
	Distribution des ionisations à l'échelle moléculaire	49
	Interactions des photons avec la matière	51
	Mécanismes des interactions entre les photons et les particules matérielles	51
	Coefficient d'atténuation (μ)	55
	Coefficient massique d'atténuation (μ/ρ)	60
	Coefficient d'absorption (μ_a) Coefficient de diffusion (μ_s)	60
2	PRODUCTION DES RAYONS X	63
	Spectre caractéristique	63
	Spectre continu	64
	Cas d'une cible mince	64
	Cas d'une cible épaisse	65
	Paramètres influant sur le spectre continu	66
	Spectre réel du rayonnement sortant du tube	67
	Tubes émetteurs de rayons X	68
	Alimentation électrique	70
	Cible et émission des photons	72
	Rendement de l'émission	73
	Émission des rayons X de haute énergie	74
	Expression de la qualité du rayonnement X	74
3	RADIOACTIVITÉ	76
	Constitution des noyaux	76

Les nombres de nucléons Z et $A-Z$, leurs variations	76
L'énergie de liaison, ses variations	77
L'état radioactif	79
Constante radioactive	79
Activité	81
Décroissance radioactive	82
Filiation radioactive	84
Types de désintégration	85
Désintégration α pure	86
Désintégration β^- pure	86
Désintégration β^+ pure	88
Capture électronique (CE)	88
Émission γ	89
Schémas de désintégration	91

4 COMPTEURS ET DÉTECTEURS

Principes généraux	92
Relation entre taux de comptage et activité	92
Mesures absolues et relatives	93
Fluctuations statistiques	94
Le détecteur. Relation entre l'effet physique primaire et la réponse	96
Mouvement propre	96
Détecteurs à gaz	98
Principe général. Régimes de fonctionnement	98
Chambre d'ionisation	99
Compteur proportionnel	100
Compteur de Geiger-Muller (G.M.)	100
Détecteurs solides (ou liquides)	101
Compteur à scintillations	101
Détecteur à semi-conducteurs	102
Films. Autoradiographie	103
Spectrométrie	103
Électronique de détection	104
Allure du spectre γ obtenu	105
Intérêt de la spectrométrie γ . Sélection d'amplitude	106

5 DOSIMÉTRIE

Grandeurs dosimétriques	108
Le faisceau en un point (grandeurs physiques)	108
La dose absorbée et sa mesure directe	109
Grandeurs dosimétriques dans les faisceaux de photons	112

Faisceau de rayons X et γ	116
Faisceau en espace libre (faisceau dans l'air)	117
Faisceau dans un milieu matériel homogène (faisceau étroit)	117
Rôle de la diffusion (atténuation en faisceau large)	122
Dose en profondeur dans l'eau	124
Sources radioactives internes	126
Source γ de petite dimension	126
Source γ de grande dimension	127
Sources internes β	128
Détermination de la dose totale	129
 III L'IMAGERIE MÉDICALE 	
1 Le radiodiagnostic	133
Formation de l'image radiologique	133
Conversion de l'image radiante en image lumineuse	136
Vision en radiodiagnostic	142
Causes de flou de l'image	144
Influence du rayonnement diffusé (grilles anti-diffusantes)	146
2 MÉDECINE NUCLÉAIRE : LA SCINTIGRAPHIE ET LES AUTRES MÉTHODES	148
Les traceurs	148
La caméra à scintillations	150
Les principales applications	157
Les autres méthodes	163
3 L'ÉCHOGRAPHIE	168
Généralités, propagation	168
Interaction des ultrasons avec la matière	170
Générateurs et faisceaux d'ultrasons	175
Paramètres conditionnant la qualité d'un examen	178
Différentes méthodes d'examen	180
4 L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE	187
Champs et moments magnétiques	187
Résonance magnétique	189
Relaxation	190

Signal RMN	191
Localisation spatiale du signal RMN	193
Séquences d'impulsions	194
Spectrométrie <i>in vivo</i> (SRM)	197
5 ASPECTS GÉNÉRAUX DE L'IMAGERIE MÉDICALE	199
Support et nature des images médicales	199
Fréquence spatiale et transformée de Fourier	201
Plan de Fourier, théorème des projections	203
Fonction de transfert de modulation	203
Finesse des images, flou	205
Tomographie classique et reconstruction de coupe	206
 IV EFFETS BIOLOGIQUES DES RADIATIONS 	
1 RADIOBIOLOGIE	213
Radiochimie	213
Rappel des événements physiques initiaux	213
Radiochimie générale	214
Effets des radiations sur les acides désoxyribonucléiques (ADN) ..	219
Conséquences au niveau cellulaire	224
Mort cellulaire	224
Action sur le cycle cellulaire	236
Conséquences au niveau des populations cellulaires	241
2 RADIOTHÉRAPIE	247
Problèmes généraux de la radiothérapie	247
Balistique de l'irradiation	248
Distribution de la dose dans le temps	251
Problème des cellules anoxiques	254
3 DANGERS DES RADIATIONS ET PROTECTION	256
Effets cliniques et risques des radiations	256
Principes et règles de la radioprotection	258
Réduction des doses en radiodiagnostic	260

4	EFFETS BIOLOGIQUES DES RADIATIONS NON IONISANTES	266
	Actions biologiques des ultraviolets (UV)	266
	Effets biologiques et risques éventuels de l'IRM	272
	Effets biologiques des ultrasons	275
	APPENDICE I	277
	APPENDICE II	282
	Rappel sur les logarithmes	282
	Fonction exponentielle	283
	Représentation graphique de la fonction exponentielle	285
	Papier Log-Log	290
	Utilisation générale du papier semi-Log (ou Log-Log)	291
	INDEX ALPHABÉTIQUE	293