

Table des matières

Auteurs	xv
Contributeurs	xix
Chapitre 1 : Radioactivité	
1.1. Généralités	1
1.1.1. Structure de la matière	1
1.1.2. Définitions et nomenclature	3
1.1.3. Isotopes et isobares	4
1.2. Stabilité et instabilité nucléaire	5
1.2.1. Noyaux stables	5
1.2.2. Noyaux radioactifs	6
1.3. Énergie et intensité d'émission d'un rayonnement	6
1.3.1. Énergie d'un rayonnement	6
1.3.2. Intensité d'émission d'un rayonnement	7
1.4. Modes de transformation du noyau	7
1.4.1. Désintégrations radioactives	7
1.4.2. Désexcitation gamma	12
1.4.3. Radionucléides métastables	13
1.5. Grandeurs physiques et propriétés fondamentales	14
1.5.1. Activité	14
1.5.2. Taux d'émission	14
1.5.3. Décroissance et période radioactive	14
1.5.4. Filiation radioactive	16
1.5.5. Relation masse - activité	18
1.5.6. Production de radionucléides artificiels : cas particulier de l'activation neutronique d'un produit stable	19
1.6. Faites le point	20
Annexe : Classification périodique de Mendeleiev	24

Chapitre 2 : Interactions rayonnements-matière

2.1.	Définition et classification des rayonnements ionisants.....	26
2.2.	Interaction des particules chargées avec la matière	28
2.2.1.	Interaction des électrons avec la matière	28
2.2.2.	Interaction des particules chargées lourdes avec la matière : cas des rayonnements alpha	34
2.3.	Interaction des rayonnements électromagnétiques avec la matière	35
2.3.1.	Effet photoélectrique	36
2.3.2.	Effet Compton	36
2.3.3.	Effet de production de paires	37
2.3.4.	Domaine de prépondérance de chacun des effets	38
2.3.5.	Loi d'atténuation des rayonnements électromagnétiques	39
2.4.	Interaction des neutrons avec la matière	42
2.4.1.	Généralités	42
2.4.2.	Absorption des neutrons	42
2.4.3.	Diffusion des neutrons	44
2.4.4.	Loi d'atténuation des neutrons.....	44
2.5.	Notions de dose absorbée et de débit de dose absorbée	45
2.5.1.	Dose absorbée	45
2.5.2.	Débit de dose absorbée	46
2.6.	Faites le point.....	46

Chapitre 3 : Rayonnements d'origine électrique : rayonnements X et accélérateurs

3.1.	Rayons X	53
3.1.1.	Introduction	53
3.1.2.	Rayonnements électromagnétiques	53
3.1.3.	Origine des rayons X.....	54
3.1.4.	Principe du tube à rayons X	58
3.1.5.	Spectre de rayons X.....	59
3.1.6.	Dosimétrie du faisceau de rayons X.....	63
3.1.7.	Caractérisation d'un faisceau de rayons X	64
3.1.8.	Divers types de faisceaux	64
3.2.	Accélérateurs	67
3.2.1.	Introduction	67
3.2.2.	Fonctionnement des accélérateurs	68
3.2.3.	Différents types d'accélérateurs.....	71
3.2.4.	Exemples d'application	84
3.3.	Faites le point.....	85

Chapitre 4 : Effets biologiques des rayonnements

4.1.	Effets moléculaires de l'interaction des rayonnements ionisants.....	90
4.2.	Effets cellulaires, conséquences des effets moléculaires	94
4.3.	Effets déterministes.....	96
4.3.1.	Effets d'une irradiation localisée	97

4.3.2.	Effets d'une irradiation unique, globale et homogène de tout l'organisme	98
4.3.3.	Caractéristiques des effets déterministes	100
4.4.	Effets stochastiques	101
4.5.	Synthèse	102
4.6.	Évaluation du risque	102
4.6.1.	Effets cancérogènes	102
4.6.2.	Effets génétiques	105
4.6.3.	Quantification du risque total d'apparition des effets stochastiques	105
4.6.4.	Grandeurs utilisées	109
4.7.	Grands principes de la CIPR	112
4.8.	Faites le point	113

Chapitre 5 : Principales utilisations des sources de rayonnements ionisants et gestion des déchets générés

5.1.	Sources naturelles de rayonnements ionisants	119
5.1.1.	Rayonnement cosmique	119
5.1.2.	Rayonnement tellurique	121
5.2.	Applications médicales des rayonnements ionisants	124
5.2.1.	Diagnostic	125
5.2.2.	Thérapie	128
5.2.3.	Autres installations	132
5.3.	Applications industrielles des rayonnements ionisants	132
5.3.1.	Radiographie industrielle	132
5.3.2.	Appareils de métrologie et d'analyse	133
5.3.3.	Irradiateurs industriels	138
5.3.4.	Utilisations diverses de radionucléides en sources scellées	139
5.3.5.	Utilisations de radionucléides en sources non scellées dans l'industrie et la recherche	139
5.4.	Industrie nucléaire civile	140
5.4.1.	Combustible nucléaire	140
5.4.2.	Extraction du minerai d'uranium	142
5.4.3.	Fabrication du combustible nucléaire	142
5.4.4.	Réacteur nucléaire, de type « Réacteur à Eau sous Pression »	143
5.4.5.	Traitement du combustible nucléaire	146
5.5.	Déchets radioactifs (d'après <i>Dossier thématique du CEA 14</i>)	147
5.5.1.	Classification des déchets	147
5.5.2.	Principes de sûreté et confinement	148
5.5.3.	Stockage	149

Chapitre 6 : Détection des rayonnements ionisants

6.1.	Détecteurs	152
6.1.1.	Détecteurs à scintillations	152
6.1.2.	Détecteurs à gaz	155
6.1.3.	Détecteurs semi-conducteurs	159
6.1.4.	Émulsions photographiques	161

6.1.5.	Détecteurs radioluminescents	163
6.1.6.	Autres types de détecteurs	164
6.2.	L'électronique associée	165
6.2.1.	Régimes de fonctionnement	165
6.2.2.	Unités électroniques	166
6.3.	Principes de mesure	168
6.3.1.	Dénombrement des rayonnements : mesure de la contamination	168
6.3.2.	Mesure en continu des rayonnements	171
6.3.3.	Cumul du débit de dose : mesure de la dose absorbée	175
6.3.4.	Mesure de la contamination atmosphérique	180
6.4.	Faites le point	181

Chapitre 7 : Protection contre l'exposition externe

7.1.	Principes de protection contre l'exposition externe	185
7.2.	Réduction du temps d'exposition	186
7.3.	Réduction du débit de dose absorbée	187
7.3.1.	Variation du débit de dose avec la distance	187
7.3.2.	Protection par les écrans	194
7.4.	Faites le point	200
7.5.	Annexes	205

Chapitre 8 : Protection contre l'exposition interne

8.1.	Différents types de contamination	208
8.1.1.	Contamination de l'environnement	208
8.1.2.	Contamination corporelle	209
8.1.3.	Transferts entre les différents types de contamination	212
8.2.	Devenir des substances radioactives incorporées	213
8.2.1.	Cas de l'inhalation	214
8.2.2.	Cas de l'ingestion	215
8.2.3.	Cas de la pénétration transcutanée	215
8.2.4.	Période biologique, période effective	215
8.3.	Doses engagées	217
8.3.1.	Définitions	217
8.3.2.	Estimation pratique de la dose efficace engagée	218
8.4.	Moyens de protection contre la contamination	219
8.4.1.	Cas de la contamination atmosphérique	219
8.4.2.	Cas de la contamination corporelle externe	221
8.5.	Faites le point	223

Chapitre 9 : Réglementation en radioprotection

9.1.	Instances internationales	226
9.1.1.	Instances internationales non gouvernementales	226
9.1.2.	Organismes internationaux gouvernementaux	228
9.1.3.	Instances européennes	231
9.1.4.	Grands principes de la radioprotection	234
9.1.5.	Historique et perspectives	236

9.2.	Organisation nationale : textes réglementaires et organismes	238
9.2.1.	Différents types de textes français	238
9.2.2.	Historique des textes français	240
9.2.3.	Analyse des principaux textes	241
9.2.4.	Organismes délivrant les autorisations	250
9.2.5.	Organismes experts	255
9.2.6.	Services de l'État et instances de veille	257
9.3.	Points clés de la radioprotection	258
9.3.1.	Limites d'exposition	259
9.3.2.	Zonage radiologique	266
9.3.3.	Classification des personnels	277
9.3.4.	Formation des personnels	279
9.3.5.	Surveillance médicale	281
9.3.6.	Surveillance de l'exposition	283
9.3.7.	Contrôles techniques de radioprotection	288
9.3.8.	Exposition aux rayonnements d'origine naturelle	292
9.3.9.	Autorisations	293
9.3.10.	Autorisation concernant les matières nucléaires	298
9.3.11.	Déchets	298
9.4.	Acteurs de la réglementation	302
9.4.1.	L'employeur	302
9.4.2.	Médecin du travail	305
9.4.3.	CHSCT ou délégués du personnel	309
9.5.	Rôle de la personne compétente en radioprotection	309
9.5.1.	Formation de la PCR	314
9.5.2.	Désignation de la PCR	315
9.5.3.	Missions de la PCR	316
9.5.4.	Définition des zones de travail	317
9.5.5.	Respect des mesures de protection	317
9.5.6.	Situations à risques	318
9.5.7.	Surveillance de l'exposition	318
9.5.8.	Formation du personnel	318
9.5.9.	Relations de la PCR	319
9.5.10.	Conclusion sur le rôle de la PCR	322
9.6.	Faites le point	323

Chapitre 10 : Transport de matières radioactives

10.1.	Rôle de l'expéditeur	330
10.2.	Domaine d'application	330
10.3.	Classification des matières radioactives	331
10.4.	Colis	333
10.4.1.	Colis exceptés	333
10.4.2.	Colis industriels	333
10.4.3.	Colis de type A	334
10.4.4.	Colis de type B	334
10.4.5.	Colis de type C	335

10.5.	Codification des matières radioactives	335
10.6.	Contamination des colis et véhicules	337
10.7.	Étiquetage des colis	337
10.7.1.	Notions diverses	337
10.7.2.	Règles d'étiquetage et de marquage	338
10.7.3.	Mise en place des étiquettes.....	339
10.8.	Dispositions concernant le véhicule	339
10.8.1.	Placardage – Étiquette 7D	339
10.8.2.	Signalisation – Panneau orange	339
10.8.3.	Chargement en commun	340
10.8.4.	Limitation de chargement	340
10.8.5.	Niveau maximum de rayonnement pour les véhicules	340
10.9.	Programme de protection radiologique.....	340
10.10.	Dispositions concernant la sûreté	341
10.11.	Procédures administratives	341
10.11.1.	Document de transport.....	341
10.11.2.	Consignes écrites	341
10.11.3.	Certificat de formation	343
10.12.	Conseiller à la sécurité	343
10.13.	Responsabilités de l'expéditeur	344
10.14.	Faites le point.....	345
10.15.	Annexe.....	348

Chapitre 11 : Éléments de mathématiques

11.1.	Multiples et sous-multiples	363
11.2.	Courbe d'évolution de l'activité en fonction de la période	363
11.3.	Puissance de dix	364
11.4.	Inverse	364
11.5.	Fonctions exponentielle et logarithme.....	364
11.5.1.	Notation	364
11.5.2.	Quelques caractéristiques	364
11.6.	Exemples de résolutions d'exercices	365

Références bibliographiques

369

Planche couleur