



Table des matières

Chapitre 1 • Introduction – Documents de référence	15
1.1 Objet du document - Documents scientifiques et techniques	15
1.2 Documents normatifs	16
1.2.1 Références relatives au management de la qualité	16
1.2.2 Références normatives relatives à la technique utilisée ou à l'échantillonnage	16
1.3 Données atomiques et nucléaires	19
1.3.1 Liste des principaux radionucléides d'intérêt, se désintégrant par transition bêta ou par capture électronique	20
1.3.2 Caractéristiques principales	21
Références bibliographiques	23
Glossaire	23
Chapitre 2 • Radioactivité bêta naturelle et artificielle	25
2.1 Découverte du rayonnement bêta moins et bêta plus	25
2.2 Radioactivité bêta naturelle	30
2.2.1 Origine stellaire	30
2.2.2 Origine cosmogénique ou météorique	31
2.3 Radioactivité bêta artificielle	32
2.4 Chronomètres naturels	33
Références bibliographiques	34

Chapitre 3 • Le rayonnement bêta et autres rayonnements électroniques	35
3.1 Désintégration bêta	36
3.1.1 Désintégration bêta moins	36
3.1.2 Désintégration bêta plus	36
3.1.3 Énergie moyenne	37
3.1.4 Probabilité de désintégration	37
3.1.5 Nature des transitions et règles de sélection	39
3.1.6 Période comparative, $\log ft$	40
3.2 Capture électronique	41
3.2.1 Description	42
3.2.2 Probabilité de transition par capture électronique	43
3.2.3 Rapport ε/β^+	45
3.3 Autres rayonnements électroniques	45
3.3.1 Conversion interne	46
3.3.2 Réarrangement électronique et électrons Auger	47
3.3.3 Création de paires électron-positon	52
3.4 Phénomènes secondaires	53
3.4.1 Freinage (<i>Bremsstrahlung</i>) interne accompagnant la désintégration bêta	53
3.4.2 Freinage (<i>Bremsstrahlung</i>) interne accompagnant la capture électronique	54
3.4.3 Ionisation et excitation internes accompagnant la désintégration bêta	54
3.4.4 Ionisation et excitation internes accompagnant la capture électronique	55
3.4.5 Rayonnement de freinage (<i>Bremsstrahlung</i>) externe	55
3.4.6 Désintégration double bêta	55
3.4.7 Réaction bêta inverse	56
Références bibliographiques	57
Chapitre 4 • Interaction entre les électrons et la matière	61
4.1 Interactions non radiatives	61
4.1.1 Interactions élastiques	61
4.1.2 Interactions inélastiques	63
4.1.3 Annihilation des positons	64
4.2 Interactions radiatives	65
4.3 Calcul du pouvoir d'arrêt des électrons et positons	65
4.4 Codes de calcul déterministes et stochastiques	66
Références bibliographiques	67

Chapitre 5 • Préparation des sources étalons et des échantillons	69
5.1 Sources solides	69
5.1.1 Dépôts directs	69
5.1.2 Sources minces	70
5.1.3 Électrodéposition et électroprécipitation	71
5.2 Scintillateurs liquides	71
5.2.1 Solvant	72
5.2.2 Scintillateur primaire	72
5.2.3 Scintillateur secondaire	73
5.2.4 Surfactant	73
5.2.5 Flacons	74
5.3 Billes scintillantes	74
Références bibliographiques	76
Chapitre 6 • Mesure du rayonnement bêta	77
6.1 Compteur proportionnel	77
6.1.1 Principe	77
6.1.2 Appareillage	80
6.1.3 Étalonnage	81
6.1.4 Avantages et inconvénients	84
6.2 La scintillation liquide bêta	85
6.2.1 Mécanismes de scintillation liquide	86
6.2.2 Composition générique d'un cocktail scintillant et rôle de ses différents constituants pour la scintillation liquide β	89
6.2.3 Compteurs à scintillation liquide	97
6.2.4 Quantification de l'activité bêta	110
6.2.5 Principe de la détection de la lumière émise après désintégration β	111
6.2.6 Le phénomène d'affaiblissement lumineux	113
6.3 Comptage Cerenkov	125
6.4 Spectromètres bêta	129
6.4.1 Propriétés générales des détecteurs utilisables en spectrométrie	129
6.4.2 Spectromètres magnétiques et électrostatiques	131
6.4.3 Compteurs proportionnels	132
6.4.4 Scintillation liquide	133
6.4.5 Calorimètres métalliques magnétiques	134
6.4.6 Semi-conducteurs	135
Références bibliographiques	139

Chapitre 7 • Expression des résultats et incertitude de mesure	143
7.1 Définitions métrologiques	144
7.2 Interprétation des résultats	145
7.3 Estimation des activités et des incertitudes	146
7.4 Détermination de l'activité bêta	148
7.4.1 Cas des comptages en scintillation liquide	148
7.4.2 Cas des comptages bêta au compteur proportionnel à gaz	151
7.5 Seuil de décision et limite de détection	152
7.5.1 Introduction	152
7.5.2 Problématique	153
7.5.3 Définitions	153
7.5.4 Formulation	154
7.5.5 Inférence bayésienne	155
Références bibliographiques	158
Chapitre 8 • Comparaison des techniques non radiométriques	159
8.1 La spectrométrie de masse couplée à une source à plasma (<i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i> : ICP-MS)	160
8.2 La spectrométrie de masse par accélérateur (SMA)	161
8.3 La spectrométrie de masse pour la mesure de l'hélium 3	162
8.4 Comparaison des différentes techniques	164
Références bibliographiques	166
Chapitre 9 • Exemples de mesure du rayonnement bêta	167
9.1 Indice de radioactivité bêta global déterminé sur des filtres de prélèvement atmosphérique	167
9.1.1 Principe	167
9.1.2 Étalons	168
9.1.3 Mesure de l'activité bêta au moyen d'un compteur proportionnel	168
9.1.4 Incertitude type de l'activité volumique bêta	168
9.1.5 Contrôle de l'interférence	169
9.1.6 Paramètres influant sur la mesure	169
9.1.7 Media	169
9.1.8 Granulométrie de l'aérosol et influence du colmatage	170
9.1.9 Vitesse de filtration	171
9.2 Mesure de l'indice de radioactivité bêta global d'un échantillon d'eau de l'environnement dopé avec ^{90}Sr par évaporation directe	171
9.2.1 Principe général	172

9.2.2	Préparation de l'échantillon	172
9.2.3	Exploitation et rendu des résultats	174
9.3	Métrologie de l'activité utilisant la scintillation liquide	178
9.3.1	Méthode du rapport des coïncidences triples à doubles	178
9.3.2	Méthode CIEMAT/NIST	180
9.3.3	Méthode des ajouts dosés	182
9.4	Mesure des sources à usage médical (diagnostic, thérapie)	183
9.4.1	Vérification de l'activimètre	184
9.4.2	Mesure d'activité	184
9.4.3	Incertitude type de l'activité	185
9.4.4	Seuil de décision et limite de détection	185
9.4.5	Paramètres influant sur la mesure	186
9.4.6	Présence éventuelle d'impuretés	186
9.4.7	Géométrie	186
	Références bibliographiques	186
	Chapitre 10 • L'assurance qualité et la mesure bêta	189
10.1	Introduction	189
10.2	Achats et fournitures d'équipements	190
10.2.1	Achats de fournitures	190
10.2.2	Achats d'équipements	190
10.3	Installations et conditions ambiantes	193
10.4	Locaux	194
10.5	Méthodes d'essai et d'étalonnage et validation des méthodes	195
10.5.1	Étalonnage et vérification	195
10.5.2	Validation des méthodes	196
10.6	Conclusion	197
	Annexe	199
	Les contributeurs	211