

Table des matières

Remerciements	v
Préface	xiii
Avant-propos	xv
LES MÉCANISMES PHYSIQUES DE LA RADIOACTIVITÉ	1
1 La radioactivité	3
1.1 La formation des noyaux atomiques	3
1.2 L'histoire de l'atome, depuis l'idée jusqu'à la chose	8
1.3 La découverte de la radioactivité	10
Bibliographie	14
LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT	15
2 La radioactivité dans l'environnement	17
2.1 Mesures des rayonnements dans l'air ambiant : la douche cosmique . .	18
2.2 Un radionucléide cosmogénique : le carbone 14	18
2.3 Les radionucléides de la croûte terrestre : uranium, thorium, potassium	19
2.4 Les radionucléides de l'atmosphère : le radon	20
2.5 Migration, dilution et reconcentration des radionucléides	23
2.6 Les rayonnements artificiels et l'environnement : les nuages radioactifs des essais nucléaires militaires, et des accidents de Tchernobyl et de Fukushima	23
2.7 Les transferts de radionucléides entre les différents compartiments de la biosphère	24
2.8 Les rayonnements artificiels et l'environnement : les rejets de centrales	26

2.9	Les rejets des usines	26
	Bibliographie	28
3	Les effets des rayonnements sur le vivant	29
3.1	Comment les rayonnements ionisants atteignent le vivant	30
3.2	L'ordre de grandeur des doses reçues par le public	43
3.3	Les doses acceptables	45
3.4	La toxicité relative de quelques radioéléments	46
3.5	La radioactivité, un risque que l'on sait évaluer	49
	Bibliographie	50
	LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES : CONCEPTION, FILIÈRES, SÛRETÉ	51
4	Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire	53
4.1	La réaction de fission et les réactions en chaîne	54
4.2	Le principe des réacteurs nucléaires	57
4.3	Flux neutronique et modération	58
4.4	Stabilité et pilotage d'un réacteur	59
	Bibliographie	64
5	Les différentes filières de réacteurs	65
5.1	Le choix des filières	65
5.2	Les réacteurs à eau sous pression (REP)	68
5.3	Les réacteurs à eau bouillante (REB)	72
5.4	Les réacteurs à eau lourde	75
5.5	Les réacteurs à neutrons rapides (RNR)	78
	Bibliographie	85
6	La sûreté des réacteurs nucléaires	87
6.1	Le fonctionnement des circuits de refroidissement d'un réacteur	88
6.2	Les trois barrières	89
6.3	Les circuits auxiliaires de sauvegarde	91
6.4	Les scénarios d'accident	92
6.5	La relation homme-machine	94
6.6	La sûreté des réacteurs de troisième génération	95
6.7	Comment évaluer la sûreté des centrales nucléaires françaises?	96
6.8	Qui contrôle le fonctionnement des centrales nucléaires?	100
	Bibliographie	101

7	Trois accidents nucléaires marquants, leurs causes et leurs conséquences : Three Mile Island, Tchernobyl, Fukushima	103
7.1	Three Mile Island (1979)	103
7.2	Tchernobyl (1986)	105
7.3	Fukushima (2011)	111
7.4	Les leçons tirées des accidents nucléaires	120
	Bibliographie	121
 LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE : RESSOURCES, TRAITEMENT, RECYCLAGE, DÉCHETS		123
8	Le « cycle du combustible » nucléaire	125
9	Uranium naturel, uranium enrichi	129
9.1	Extraction et conversion de l'uranium	129
9.2	Les ressources en uranium	137
	Bibliographie	142
10	Le combustible nucléaire avant et après son passage en réacteur	143
10.1	L'assemblage de combustible nucléaire	143
10.2	Du combustible neuf au combustible utilisé : les transformations de la matière nucléaire en réacteur	145
	Bibliographie	149
11	Le traitement-recyclage du combustible nucléaire	151
11.1	Les opérations de l'aval du cycle du combustible	151
11.2	Les flux de matière dans le cycle du combustible (exemple du parc français)	160
11.3	La gestion industrielle du cycle du combustible	162
11.4	Les transports de matières nucléaires	166
11.5	Bilan du traitement-recyclage	168
	Bibliographie	168
12	La transmutation	169
12.1	L'objectif de la transmutation	169
12.2	Les éléments à transmuter en priorité	172
12.3	L'utilisation du plutonium dans les REP (le MOX)	175
12.4	Les problèmes posés par le MOX	176
	Bibliographie	177

13 Les déchets nucléaires	179
13.1 Volumes et flux de déchets	179
13.2 Une stratégie et des étapes pour la gestion des déchets	181
13.3 Conditionnement des déchets : des progrès continus	183
13.4 Déchets et effluents	183
13.5 Procédés de conditionnement	184
13.6 Des conditionnements qui doivent résister à l'épreuve du temps	187
Bibliographie	189
14 Le stockage géologique des déchets nucléaires	191
14.1 Le concept du stockage	191
14.2 Le stockage profond	191
14.3 La première barrière	195
14.4 La barrière ouvragée	197
14.5 La barrière géologique	198
14.6 Les scénarios d'évolution et l'évaluation de l'impact d'un stockage	199
14.7 Perspectives pour le stockage des déchets nucléaires	204
Bibliographie	205
LE NUCLÉAIRE DANS LE PANORAMA DES ÉNERGIES	207
15 Le nucléaire dans le panorama énergétique	209
15.1 L'énergie dans le monde	212
15.2 Les réacteurs nucléaires	214
Bibliographie	216
16 L'économie du nucléaire	217
Bibliographie	220
LES OPTIONS DU FUTUR	221
17 Le nucléaire du futur. Réacteurs et cycles du combustible	223
17.1 De l'origine des espèces (de réacteurs). Filières	223
17.2 Le cycle du combustible des systèmes nucléaires du futur :	
quelques éléments d'orientation	228
17.3 Plusieurs options possibles pour les réacteurs à neutrons rapides	232
17.4 De nouveaux critères pour les systèmes nucléaires du futur	237
17.5 De nouvelles utilisations pour l'énergie nucléaire	240
17.6 Quelles recherches pour les systèmes nucléaires du futur ?	241

17.7 Préparer le remplacement des réacteurs actuels par des réacteurs de 3 ^e puis de 4 ^e génération, plus efficaces et plus sûrs	243
17.8 À encore plus long terme (le siècle) : le cycle du combustible thorium	254
17.9 Un jour peut-être : la fusion	255

Glossaire-index	257
------------------------	------------