



INTRO UNE INTRODUCTION À DU TION

LE NUCLÉAIRE EXPLIQUÉ PAR DES PHYSICIENS

Bernard Bonin

Préface d'Étienne Klein

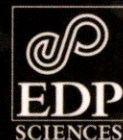


Table des matières

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

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

Les événements nucléaires majeurs, leurs causes et leurs conséquences : Three Mile Island, Tchernobyl, Fukushima

- 7.1 Three Mile Island (1979) 71
 - 7.2 Tchernobyl (1986) 72
 - 7.3 Fukushima (2011) 73
 - 7.4 Les leçons tirées des accidents nucléaires 74
- Bibliographie 75

LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE : RESSOURCES, TRAITEMENT, RECYCLAGE, DÉCHETS 80

8 Le « cycle du combustible » nucléaire 80

- 9 Uranium naturel, uranium enrichi 81
 - 9.1 Extraction et conversion de l'uranium 81
 - 9.2 Les ressources en uranium 82
- Bibliographie 83

10 Le combustible nucléaire avant et après son passage en réacteur 84

- 10.1 L'assemblage de combustible nucléaire 84
 - 10.2 Du combustible neuf au combustible utilisé : les transformations de la matière nucléaire en réacteur 85
- Bibliographie 86

11 Le traitement-recyclage du combustible nucléaire 87

- 11.1 Les opérations de l'aval du cycle du combustible 87
 - 11.2 Les flux de matière dans le cycle du combustible (exemple du parc français) 88
 - 11.3 La gestion industrielle du cycle du combustible 89
 - 11.4 Les transports de matières nucléaires 90
 - 11.5 Bilan du traitement-recyclage 91
- Bibliographie 92

12 La transmutation 93

- 12.1 L'objectif de la transmutation 93
 - 12.2 Les éléments à transmuter en priorité 94
 - 12.3 L'utilisation du plutonium dans les REP (le MOX) 95
 - 12.4 Les problèmes posés par le MOX 96
- Bibliographie 97

13 Les déchets nucléaires

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

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 NUCLEAIRE DANS LE PANORAMA DES ENERGIES

207

15 Le nucléaire dans le panorama énergétique

15.1 L'énergie dans le monde	212
15.2 Les réacteurs nucléaires	214
Bibliographie	216

16 L'économie du nucléaire

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

17.8 À encore plus long terme (le siècle) : le cycle du combustible thorium

17.9 Un jour peut-être : la fusion

Glossaire-Index