

Table des matières

Préface	V
Introduction	XIII

Première partie **L'homme et l'énergie**

Chapitre 1

Les besoins en énergie	3
1.1. L'évolution de la consommation individuelle d'énergie	3
1.2. L'évolution de la population mondiale	4
1.3. Les besoins mondiaux en énergie	5

Chapitre 2

Les ressources en énergie fossile	9
2.1. Le charbon	11
2.2. Le pétrole	12
2.3. Le gaz naturel	13
2.4. L'uranium	13

Chapitre 3

Les énergies renouvelables, environnement et développement durable	17
3.1. Énergie et réchauffement climatique	17
3.2. L'hydroélectricité	20

3.3. L'énergie solaire	21
3.4. L'énergie éolienne	22
3.5. La biomasse et les déchets.	23
3.6. L'énergie des mers (marées, vagues, énergie thermique)	23
3.7. La géothermie	24
3.8. Le vecteur hydrogène	24
3.9. La séquestration du gaz carbonique.	25
3.10. Les économies d'énergie	26
Conclusion de la première partie.	27

Deuxième partie

L'énergie nucléaire

Chapitre 4

Les atomes et les éléments chimiques	31
---	-----------

Chapitre 5

Les réactions chimiques et les réactions nucléaires	39
--	-----------

Chapitre 6

La fission et la réaction en chaîne.	51
---	-----------

Chapitre 7

Les réacteurs nucléaires.	61
7.1. Fonctionnement des réacteurs	64
a. Criticité et cinétique des réacteurs.	64
b. Effets de température.	65
c. Empoisonnement par les produits de fission.	67
d. Évolution du combustible.	69
e. Gestion des cœurs de réacteurs	72
f. Les déchets nucléaires produits dans les réacteurs	76
7.2. Filières de réacteurs	77
a. Qu'est-ce qu'une filière de réacteur ?	77
b. Cellule et réseau d'un cœur de réacteur	78
c. La filière uranium naturel-graphite-gaz (UNGG)	79
d. La filière des réacteurs à graphite avancés (AGR)	80
e. La filière RBMK	80

f. La filière des réacteurs à graphite à haute température (HTR)	81
g. La filière CANDU	81
h. Les filières des réacteurs à eau sous pression (REP et VVER)	82
i. Les filières des réacteurs à eau bouillante (REB)	82
j. Les réacteurs à neutrons rapides	83
7.3. Les réacteurs du type REP	84
7.4. L'énergie nucléaire en France et dans le Monde	88

Chapitre 8

La sûreté nucléaire et les déchets	93
8.1. Le risque lié aux rayonnements ionisants	94
a. Effets déterministes et effets stochastiques	94
b. Irradiation naturelle et irradiation artificielle	95
c. Limites réglementaires	95
8.2. La sûreté nucléaire	96
a. Le risque d'accident dans une installation nucléaire	96
b. Prévention et mitigation des accidents	98
c. Les analyses de sûreté	100
d. Le contrôle des matières nucléaires	101
8.3. La gestion des déchets nucléaires	102
a. Classification des déchets	102
b. Ordre de grandeur des masses des déchets nucléaires	103
c. Conditionnement et stockage des déchets	104
d. Axes de recherches et perspectives	105
e. Le démantèlement des installations nucléaires obsolètes	106
Conclusion de la deuxième partie	114

Troisième partie

Les réacteurs de type RBMK L'accident de Tchernobyl

Chapitre 9

Les réacteurs RBMK	117
9.1. Description générale	118
9.1.1. Le cœur	118
9.1.2. Le combustible	119
9.2. Fonctionnement et contrôle du réacteur	120
9.2.1. Fonctionnement du réacteur	120
9.2.2. Contrôle du réacteur	122

9.3. Principaux circuits.	123
9.3.1. Le circuit primaire : RCS (ou MCC)	123
9.3.2. Le circuit de refroidissement de secours : ECCS.	124
9.3.3. Le système de localisation des accidents : ALS.	125
9.4. Avantages et inconvénients des réacteurs RBMK	126

Chapitre 10

Principaux défauts de sûreté de la conception initiale des réacteurs RBMK	129
10.1. Le coefficient de vide positif.	129
10.2. Le système d'arrêt d'urgence	131
10.3. Le confinement	133

Chapitre 11

L'accident de Tchernobyl	135
11.1. Les causes de l'accident	135
11.2. Le contexte de l'accident.	136
11.3. Le déroulement de l'accident	136
11.4. L'incendie et les pompiers	139
11.5. Les liquidateurs	139
11.6. Les conséquences environnementales et sanitaires.	142
11.7. Le site de Tchernobyl aujourd'hui.	146

Chapitre 12

Principales améliorations de sûreté des réacteurs RBMK depuis Tchernobyl	151
12.1. Mesures de sûreté post-Tchernobyl	152
12.1.1. Réduction du coefficient de vide positif	152
12.1.2. Ajout d'un système d'arrêt d'urgence rapide	153
12.1.3. Documentation d'exploitation et inspections en service	153
12.2. Les programmes de modernisation.	153
12.2.1. Physique du cœur et performance du combustible.	155
12.2.2. Nouveau système de contrôle et de protection du réacteur (IICPS)	155
12.2.3. Système de refroidissement de secours du réacteur (ECCS)	156
12.2.4. Système des alimentations électriques de secours (EPSS).	158
12.2.5. Cavité du réacteur et système de limitation de la pression	158
12.2.6. Système automatique d'aide au pilotage (Skala-Mikro).	159
12.2.7. Conclusion	160

Chapitre 13

Les réacteurs RBMK aujourd'hui et demain	163
13.1. Panorama de l'état actuel des RBMK	163
13.2. Politique russe de prolongation de la durée de vie des RBMK	165
13.2.1. Réalésage des canaux et remplacement des tubes de force	165
13.2.2. Prolongation de la durée de vie	165
13.3. Le cas du réacteur Kursk 5	166
13.4. Avenir de la filière RBMK dans le contexte actuel de renaissance nucléaire	168
Conclusion de la troisième partie	170

Quatrième partie

La renaissance de l'énergie nucléaire

Chapitre 14

Les atouts de l'énergie nucléaire	173
14.1. Technologie	173
14.2. Économie	174
14.3. Risques	175
14.4. Impacts sur l'environnement	177
14.5. Disponibilité en combustible	178

Chapitre 15

Perspectives de l'énergie nucléaire	181
15.1. Le contexte actuel	181
15.2. L'EPR et les réacteurs de troisième génération	183
15.3. Les réacteurs de quatrième génération	187
15.4. La fusion nucléaire contrôlée	195
Conclusion de la quatrième partie	198

Conclusion générale	199
----------------------------------	-----

Références bibliographiques	204
--	-----

Postface	207
-----------------------	-----

Ind	211
------------------	-----