

Sommaire

Préface	III
Les principaux contributeurs.....	V
Liste des sigles.....	VII
Avant-propos	XVII

Chapitre 1
Introduction générale

Partie 1
**Panorama général international des réacteurs
de recherche**

Chapitre 2
**Les différents types de réacteurs de recherche,
situation globale dans le monde, utilisations
et risques associés**

2.1	Types de réacteurs de recherche.....	7
2.2	Situation globale dans le monde.....	14
2.2.1	Données statistiques.....	14
2.2.2	Aspects génériques en matière de sûreté nucléaire et de non-prolifération.....	15
2.3	Utilisations des réacteurs de recherche et principaux risques associés.....	19

2.3.1	Formation	19
2.3.2	Recherche fondamentale.....	20
2.3.3	Irradiations expérimentales.....	21
2.3.4	Applications médicales.....	24
2.3.5	Analyse par activation.....	25
2.3.6	Applications industrielles.....	26

Chapitre 3

Aspects liés à la conception et à la démonstration de la sûreté des réacteurs de recherche au plan international

3.1	Convergence des pratiques vers quelques grands objectifs, principes et démarches de sûreté	27
3.2	Les normes de sûreté établies par l'AIEA.....	29
3.2.1	Processus d'élaboration des normes de sûreté de l'AIEA.....	30
3.2.2	Structure des normes de sûreté de l'AIEA.....	31
3.2.3	Présentation succincte des normes de sûreté pour les réacteurs de recherche.....	32
3.2.4	Application des normes de sûreté de l'AIEA.....	34
3.2.5	Documents en support à l'application des normes de sûreté de l'AIEA	35
3.3	Dispositifs d'échanges ou d'évaluations de l'AIEA.....	36
3.4	Quelques grands principes, démarches et approches de sûreté.....	37
3.4.1	Organisation du contrôle de la sûreté, culture de sûreté.....	37
3.4.2	Les « barrières » de confinement, les fonctions fondamentales de sûreté, la défense en profondeur	40
3.4.3	La démarche déterministe, socle de la conception et de la démonstration de sûreté - Situation en matière d'études probabilistes pour les réacteurs de recherche	45
3.4.4	L'approche graduée.....	47
3.5	Les réexamens périodiques de sûreté.....	48
3.6	Aspects de sûreté relatifs aux dispositifs expérimentaux	50
3.7	Accidents « enveloppes » pris en compte pour l'analyse de sûreté des réacteurs de recherche	52
3.7.1	Définition et caractéristiques des accidents « enveloppes ».....	52
3.7.2	Évaluation des rejets radioactifs des accidents « enveloppes ».....	55
3.8	Améliorations possibles en termes d'études, de recherches et de développements pour la sûreté des réacteurs de recherche.....	56

*Chapitre 4***Le retour d'expérience international
pour les réacteurs de recherche**

4.1	Le système AIEA de déclaration d'incidents (IRSRR)	66
4.2	Incidents et accidents sérieux survenus dans des réacteurs de recherche.....	67
4.3	Analyses complémentaires menées au plan international à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi	70

*Partie 2***Les réacteurs de recherche en France***Chapitre 5***Évolution du parc des réacteurs
de recherche en France**

5.1	Diversité et complémentarité des réacteurs de recherche français.....	77
5.2	Situation actuelle.....	82

*Chapitre 6***Les acteurs et l'organisation de la sûreté
des réacteurs de recherche en France**

6.1	Les exploitants	104
6.2	Le contrôle des risques nucléaires en France	105
6.3	Les étapes-clés dans la vie d'un réacteur de recherche	114
6.4	Le dispositif d'autorisations internes	115

*Chapitre 7***La sûreté pour les réacteurs de recherche français**

7.1	Principes, concepts, démarches et objectifs généraux de sûreté	117
7.1.1	Le principe de défense en profondeur appliqué aux réacteurs de recherche	121
7.1.2	Événements retenus pour la conception et la démonstration de la sûreté des réacteurs de recherche	124
7.1.3	Accidents de référence.....	130
7.1.4	Déclinaison des objectifs généraux de sûreté.....	131
7.1.5	L'approche graduée en France.....	132

7.2	Quelques spécificités de sûreté des réacteurs de recherche.....	135
7.2.1	Puissances volumiques, combustibles utilisés et caractéristiques neutroniques des cœurs	135
7.2.2	Cadences d'utilisation.....	138
7.2.3	Facteurs organisationnels et humains.....	139
7.3	Spécificités des réacteurs de recherche déclinées par fonction fondamentale de sûreté.....	140
7.3.1	Maîtrise de la réactivité du cœur.....	141
7.3.2	Maîtrise du refroidissement du réacteur	144
7.3.3	Maîtrise du confinement	148
7.3.4	Risques de criticité.....	151
7.4	Prise en compte des agressions	153
7.4.1	Agressions internes	154
7.4.2	Agressions externes	157
7.5	Dispositifs expérimentaux et équipements spécifiques aux réacteurs de recherche.....	164
7.6	Radioprotection et effluents.....	166
7.6.1	Radioprotection	166
7.6.2	Effluents	169
7.7	Dispositions de préparation aux situations d'urgence et de gestion de telles situations (gestion de crise).....	170
7.8	Aspects de sûreté concernant le démantèlement des réacteurs de recherche.....	173

Chapitre 8

Les accidents de référence retenus pour les réacteurs de recherche français

8.1	Définition et exemples.....	175
8.2	L'accident de type BORAX - principaux aspects	178
8.2.1	L'accident du réacteur SL-1.....	179
8.2.2	Principaux enseignements tirés de l'accident du réacteur SL-1.....	181
8.2.3	Prise en compte de l'accident de type BORAX en France.....	183
8.3	Essais à caractère démonstratif réalisés en France.....	188

*Chapitre 9***Maintien de la conformité aux exigences applicables – Réexamens de sûreté**

9.1	Maintien de la conformité aux exigences applicables, maîtrise de l'obsolescence et du vieillissement	191
9.2	Réexamens de sûreté	192
9.2.1	Historique et démarche	192
9.2.2	Quelques réexamens de sûreté marquants	194

*Chapitre 10***Le retour d'expérience des réacteurs de recherche français**

10.1	Tendances, quelques événements marquants et leur traitement	203
10.1.1	Tendances	203
10.1.2	Quelques événements marquants et leur traitement	206
10.2	Les dispositions de renforcement de la sûreté des réacteurs de recherche français après l'accident de Fukushima Daiichi	223

*Chapitre 11***Aperçus sur quelques logiciels de simulation utilisés pour des études en support à la conception et aux analyses de sûreté des réacteurs de recherche français**