

Table des matières

Du même auteur	iii
Avant-propos	xi
Préface	xv
Partie I • Qu'est-ce que la criticité ?	
Chapitre 1 • De la découverte de la radioactivité à la pile de Fermi	3
Chapitre 2 • La notion de criticité	11
Chapitre 3 • Modèles élémentaires d'évolution sans contre-réaction	19
Modèle discret sans source	19
Modèle continu sans source	20
Rampe de réactivité	21
Modèles discret et continu avec source	22
L'approche sous-critique	24
L'aspect aléatoire d'une évolution	25
Chapitre 4 • Modèles élémentaires d'évolution avec contre-réaction	29
Modèle discret avec contre-réaction proportionnelle à l'effectif (équation logistique)	30

Modèle discret avec contre-réaction proportionnelle à l'intégrale de l'effectif	31
Modèles continus avec contre-réaction	35
Modèle continu avec contre-réaction proportionnelle à l'effectif	36
Modèle continu avec contre-réaction proportionnelle à l'intégrale de l'effectif	38
Partie II • La criticité d'une réaction en chaîne de fissions	
Chapitre 5 • La fission nucléaire	43
Chapitre 6 • Les diverses réactions subies par les neutrons	49
Diffusion et absorption	49
Le ralentissement des neutrons	51
Les sections efficaces	52
Les résonances de sections efficaces	53
Chapitre 7 • La réaction en chaîne de fissions et le facteur de multiplication	57
L'équation de Boltzmann	59
Peut-il y avoir une situation stationnaire ?	60
Définition usuelle du facteur de multiplication	61
Évolution exponentielle	62
Chapitre 8 • L'amorçage d'une réaction en chaîne de fissions	63
Les paramètres caractérisant la probabilité d'amorçage	64
Chaînes de fissions	65
Probabilités d'amorçage et d'extinction d'une réaction en chaîne	65
Longueur moyenne des chaînes dans une situation sous-critique	68
Chapitre 9 • L'accident de criticité	71
Historique et phénoménologie	71
Prévention et mitigation des accidents de criticité	76
Accidents de criticité dans les réacteurs de puissance	77
Partie III • Modélisations neutroniques élémentaires en criticité	
Chapitre 10 • Le calcul du facteur de multiplication	83
Facteur de multiplication infini et facteur de multiplication effectif	83
Le spectre des neutrons	84
Réacteurs à neutrons rapides et réacteurs à neutrons thermiques	85
Facteur de multiplication infini pour les réacteurs à neutrons rapides	87
Le ralentissement des neutrons	88
Facteur de multiplication infini pour les réacteurs à neutrons thermiques (formule des quatre facteurs)	91
Exemples numériques	92

L'équation de la diffusion	93
Condition critique de la pile nue et homogène	94
Condition critique d'une pile homogène réfléchie	95
Théorie diffusion-multigroupe	97
Chapitre 11 • La formule des quatre facteurs	99
Une approche physique	99
Notion de cellule	100
La méthode des probabilités de première collision	102
Facteur de fission rapide	106
Facteur antitrappe	108
Facteur d'utilisation thermique et facteur de reproduction	113
Chapitre 12 • Les principaux paramètres conditionnant le facteur de multiplication	117
Un formulaire simplifié	117
1) Les fissions	119
2) Les captures stériles	120
3) La modération	121
4) Les fuites	122
5) Les interactions entre unités fissiles	124
Quelques exemples de masses critiques minimales	126
Chapitre 13 • Les solutions fissiles	129
Facteur de multiplication infini de solution de nitrate d'uranyle	129
Choix d'exemples pour l'étude des fuites	130
Modèle neutronique	131
Concentration critique minimale (mer infinie)	133
Pile nue homogène	133
Pile homogène réfléchie	135
Pile à puissance uniforme	136
Pile à masse critique minimale	139
Résumé	143
Chapitre 14 • Les principales contre-réactions jouant sur le facteur de multiplication	145
Qu'est-ce qu'une contre-réaction ?	145
Quels sont les effets physiques ?	146
Les coefficients de réactivité	146
L'effet Doppler	147
Les effets de densité	148
Les effets de spectre	149

Discussion	150
Exemple : les effets de température dans les solutions	150
Effet Doppler	150
Effet de dilatation	150
Effet de spectre sur k_{∞} pour une matière fissile très enrichie	152
Effets sur les fuites	154
Coefficient de température global	156
Chapitre 15 • La cinétique d'une réaction en chaîne	157
Cinétique sans neutrons retardés	157
Qu'est-ce que les neutrons retardés ?	159
Cinétique avec neutrons retardés	161
L'équation de Nordheim	161
Cinétique lente (au voisinage de la criticité)	164
Cinétique rapide (au-delà de la criticité par neutrons prompts)	165
Les unités de réactivité	165
« Créneau » de réactivité	165
« Toit » de réactivité	167
Chapitre 16 • Modélisations des accidents rapides de criticité	171
Modèle simplifié (dit de « Nordheim-Fuchs »)	172
Prise en compte des neutrons retardés et de la puissance initiale	175
Conclusion	180
Chapitre 17 • Modélisations des accidents lents de criticité	181
Modèle neutronique	181
Modèle adiabatique A	182
Modèle adiabatique A' avec maintien du refroidissement initial	186
Modèle E à température constamment équilibrée	189
Modèle intermédiaire R (refroidissement)	191
Conclusions	195
Partie IV • Codes de calcul de criticité et qualifications	
Chapitre 18 • Les codes de calcul du facteur de multiplication	199
Introduction	199
La neutronique	200
Les calculs de transport	202
Le code APOLLO	203
Le code APOLLO2	204
Les calculs de diffusion	204
Les calculs Monte-Carlo	205

Les codes TRIPOLI et MORET	206
Le système CRISTAL (version 1)	210
Le système CRISTAL (version 2)	212
Chapitre 19 • Les expériences de qualification des calculs du facteur de multiplication	215
Les principaux types de mesures en neutronique expérimentale	216
Quelques dispositifs expérimentaux français	223
La base de données internationale ICSBEP	225
La qualification du système CRISTAL	226
Chapitre 20 • Les codes de simulation des scénarios accidentels	229
La simulation des accidents de criticité	229
L'évaluation des doses résultant d'un accident de criticité	231
Chapitre 21 • Les expériences de qualification des simulations des scénarios accidentels	233
Le réacteur <i>Cabri</i>	234
Le réacteur <i>Scarabée</i>	235
Le réacteur <i>Phébus</i>	235
Le réacteur <i>Crac</i>	237
Le réacteur <i>Silène</i>	239
Les réacteurs <i>Prospéro et Caliban</i>	241
Partie V • Conclusion	
Chapitre 22 • Des réacteurs d'Oklo aux analyses de sûreté-criticité	247
La découverte de réacteurs fossiles à Oklo	247
Des circonstances exceptionnelles	249
Quelques ordres de grandeur	250
Oklo, un analogue naturel d'un stockage de produits radioactifs ?	251
Le premier « accident de criticité »	251
Bibliographie	257
Remerciements	261
Glossaire	263
Index	269