

- 1. Caractéristiques générales**
- 2. Le circuit primaire**
 - 2.1 Le cœur nucléaire
 - 2.2 La cuve
 - 2.3 Le pressuriseur
 - 2.4 Le groupe motopompe primaire
 - 2.5 Le générateur de vapeur
 - 2.6 Les systèmes fluides
- 3. Le circuit secondaire**
 - 3.1 Schéma simplifié
 - 3.2 Le groupe turboalternateur
 - 3.3 Les réchauffeurs-surchauffeurs
 - 3.4 Le condenseur
 - 3.5 Les pompes d'extraction
 - 3.6 Les turbopompes alimentaires
 - 3.7 Le circuit de refroidissement du condenseur
- 4. Pilotage d'un réacteur**
 - 4.1 Fonctionnement en régime permanent
 - 4.2 Démarrage d'un REP
 - 4.3 Arrêt d'un REP
 - 4.4 Bilan neutronique en régime permanent
 - 4.5 Effets de la température et de l'usure du combustible
 - 4.6 Effets du rapport de modération et de la teneur en bore
 - 4.7 Effets dus à la présence du xénon 135
- 5. Sûreté**
 - 5.1 Dispersion dans l'environnement de produits radioactifs
 - 5.2 L'APRP
 - 5.3 Événements externes
 - 5.4 L'accident de TMI
 - 5.5 Mesure et comparaison des risques
- 6. L'avenir de la filière**
 - 6.1 L'EPR
 - 6.2 Autres réacteurs

CHAPITRE III THERMOHYDRAULIQUE DES RÉACTEURS

- 1. Généralités**
 - 1.1 Caractéristiques spécifiques
 - 1.2 Les boucles de transfert
- 2. Distribution de la puissance volumique**
 - 2.1 Formes de l'énergie
 - 2.2 Répartition de la puissance
- 3. Transfert de chaleur**
 - 3.1 Transfert de chaleur par conduction
 - 3.2 Transfert de chaleur par convection
- 4. Thermohydraulique du cœur**
 - 4.1 Détermination des pertes de charge
 - 4.2 Évolution de la température du fluide caloporteur
 - 4.3 Transfert de chaleur avec ébullition
 - 4.4 Ébullition dans un canal de réacteur à eau

CHAPITRE IV LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

CHAPITRE II LES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE

| | |
|---|----|
| 1. Caractéristiques générales | 53 |
| 2. Le circuit primaire | |
| 2.1 Le cœur nucléaire | 56 |
| 2.2 La cuve | 60 |
| 2.3 Le pressuriseur | 61 |
| 2.4 Le groupe motopompe primaire | 66 |
| 2.5 Le générateur de vapeur | 68 |
| 2.6 Les systèmes fluides | 69 |
| 3. Le circuit secondaire | |
| 3.1 Schéma simplifié | 71 |
| 3.2 Le groupe turboalternateur | 75 |
| 3.3 Les réchauffeurs-surchauffeurs | 76 |
| 3.4 Le condenseur | 76 |
| 3.5 Les pompes d'extraction | 78 |
| 3.6 Les turbopompes alimentaires | 79 |
| 3.7 Le circuit de refroidissement du condenseur | 79 |
| 4. Pilotage d'un réacteur | |
| 4.1 Fonctionnement en régime permanent | 83 |
| 4.2 Démarrage d'un REP | 83 |
| 4.3 Arrêt d'un REP | 84 |
| 4.4 Bilan neutronique en régime permanent | 85 |
| 4.5 Effets de la température et de l'usure du combustible | 86 |
| 4.6 Effets du rapport de modération et de la teneur en bore | 88 |
| 4.7 Effets dus à la présence du xénon 135 | 89 |
| 5. Sûreté | |
| 5.1 Dispersion dans l'environnement de produits radioactifs | 91 |
| 5.2 L'APRP | 91 |
| 5.3 Évènements externes | 92 |
| 5.4 L'accident de TMI | 92 |
| 5.5 Mesure et comparaison des risques | 95 |
| 6. L'avenir de la filière | |
| 6.1 L'EPR | 96 |
| 6.2 Autres réacteurs | 99 |

CHAPITRE III THERMOHYDRAULIQUE DES RÉACTEURS

| | |
|---|-----|
| 1. Généralités | |
| 1.1 Caractéristiques spécifiques | 101 |
| 1.2 Les boucles de transfert | 102 |
| 2. Distribution de la puissance volumique | |
| 2.1 Formes de l'énergie | 107 |
| 2.2 Répartition de la puissance | 108 |
| 3. Transfert de chaleur | |
| 3.1 Transfert de chaleur par conduction | 112 |
| 3.2 Transfert de chaleur par convection | 116 |
| 4. Thermohydraulique du cœur | |
| 4.1 Détermination des pertes de charge | 122 |
| 4.2 Évolution de la température du fluide caloporteur | 125 |
| 4.3 Transfert de chaleur avec ébullition | 128 |
| 4.4 Ébullition dans un canal de réacteur à eau | 129 |

CHAPITRE IV LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

| | |
|---|-----|
| 1. Généralités | |
| 1.1 Les éléments naturels d'intérêt nucléaire | 137 |
| 1.2 Les cycles du combustible | 137 |
| 2. L'uranium | |
| 2.1 Découverte | 140 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 2.2 | Propriétés nucléaires | 140 |
| 2.3 | Caractéristiques physiques | 141 |
| 2.4 | Le minerai d'uranium | 141 |
| 2.5 | Concentration chimique du minerai | 143 |
| 2.6 | Raffinage et conversion | 143 |
| 3. | L'enrichissement | |
| 3.1 | L'unité de travail de séparation | 145 |
| 3.2 | La diffusion gazeuse | 147 |
| 3.3 | L'ultracentrifugation | 153 |
| 3.4 | Les tuyères de séparation | 156 |
| 3.5 | L'enrichissement par laser | 157 |
| 4. | Les éléments combustibles | |
| 4.1 | Le matériau combustible | 158 |
| 4.2 | La gaine | 161 |
| 4.3 | Le combustible usé | 162 |
| 5. | Le retraitement | |
| 5.1 | Le recyclage du combustible | 173 |
| 5.2 | Le procédé PUREX | 173 |
| 5.3 | La séparation poussée | 175 |
| 6. | Les déchets | |
| 6.1 | Types et classements | 176 |
| 6.2 | Volume | 177 |
| 6.3 | Conditionnement entreposage et stockage | 179 |
| 6.4 | Effluents liquides et gazeux | 185 |
| 6.5 | Les déchets nucléaires et la loi française | 186 |
| 6.6 | Les déchets à l'étranger | 189 |
| 7. | Le Thorium | |
| 7.1 | Caractéristiques | 191 |
| 7.2 | Géographie du thorium | 192 |
| 7.3 | Utilisations | 192 |
| 8. | Économie du cycle du combustible | |
| 8.1 | Le minerai et la concentration de l'uranium | 193 |
| 8.2 | La conversion | 195 |
| 8.3 | L'enrichissement | 196 |
| 8.4 | Le retraitement | 197 |
| 8.5 | Le coût du combustible | 198 |

CHAPITRE V LA FUSION THERMONUCLÉAIRE

| | | |
|-----------|--|-----|
| 1. | Généralités | |
| 1.1 | L'énergie de fusion | 199 |
| 1.2 | Les réactions de fusion | 201 |
| 2. | Le plasma thermonucléaire | |
| 2.1 | Température | 204 |
| 2.2 | Neutralité | 204 |
| 2.3 | Section efficace de fusion | 205 |
| 2.4 | Les pertes d'énergie | 209 |
| 2.5 | Bilan d'énergie | 210 |
| 2.6 | Critère de Lawson | 211 |
| 3. | Le confinement magnétique | |
| 3.1 | Le champ magnétique | 215 |
| 3.2 | Le chauffage du plasma | 218 |
| 3.3 | Les réalisations actuelles | 218 |
| 4. | Le confinement inertiel | |
| 4.1 | Principe | 220 |
| 4.2 | Réalisations actuelles | 223 |
| 5. | Vers un réacteur nucléaire à fusion | |
| 5.1 | Schéma de principe | 224 |
| 5.2 | Problèmes technologiques | 225 |

| | | |
|-----|-------------|-----|
| 5.3 | Sécurité | 227 |
| 5.4 | Les déchets | 227 |
| 5.5 | ITER | 228 |

ANNEXES

| | | |
|-----|--|-----|
| 1. | Quelques constantes physiques | 232 |
| 2. | Les unités en énergétique | 233 |
| 3. | Les unités anglo-saxonnes | 234 |
| 4. | Caractéristiques de l'eau liquide saturée | 235 |
| 5. | Table de la vapeur d'eau saturée | 236 |
| 6. | Géographie des centrales nucléaires | 238 |
| 7. | Éléments d'économie de l'énergie nucléaire | 249 |
| 8. | Sigles et abréviations | 251 |
| 9. | Tableau périodique des éléments | 260 |
| 10. | Liste alphabétique des éléments | 261 |
| 11. | Petit dictionnaire English-Français | 262 |

| | |
|----------------|-----|
| SOURCES | 267 |
|----------------|-----|

| | |
|---------------------|-----|
| CRÉDIT PHOTO | 272 |
|---------------------|-----|

| | |
|------------------|-----|
| GLOSSAIRE | 273 |
|------------------|-----|

| | |
|--------------|-----|
| INDEX | 275 |
|--------------|-----|