## **TABLE DES MATIÈRES**

## Tome II Les réacteurs nucléaires

1. Généralités 1.1 Constitution 1.2 Les différentes filières 1.4 2. Filière graphite-gaz 2.1 Historique 2.2 Caractéristiques de la filière 1.2 Schéma du réacteur de Bugey 1 2.4 Filière AGR 19 3. Filière RBMK 3.1 Description 3.2 L'accident de Tchernobyl 2.4 Filière à eau lourde (CANDU) 4.1 Développement 4.2 L'eau lourde 4.3 La filière CANDU 5. Filière à eau pressurisée 5.1 Développement 5.2 Caractéristiques de la filière REP 6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière 7.1 La surgénération 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 7.3 Caractéristiques de la filière 7.4 Historique 7.5 Centrale de Creys-Malville 8. Filière à haute température 8.1 Développement 8.2 Le combustible 8.3 Le GT-MHR 9.4 SFR 9.5 SCWR 9.4 SFR 9.5 SCWR 9.6 LFR	CHAPITRE I	LES FILIÈRES NUCLÉAIRES		
1.1 Constitution 1.2 Les différentes filières 14 2. Filière graphite-gaz 2.1 Historique 2.2 Caractéristiques de la filière 1.3 Schéma du réacteur de Bugey 1 2.4 Filière AGR 3. Filière RBMK 3.1 Description 3.2 L'accident de Tchernobyl 2.4 L'accident de Tchernobyl 2.5 La filière à eau lourde (CANDU) 4.1 Développement 4.3 La filière CANDU 2.5 Filière à eau pressurisée 5.1 Développement 5.2 Caractéristiques de la filière REP 3.0 Filière à eau bouillante 6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière 7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 7.3 Caractéristiques de la filière 7.4 Historique 7.5 Centrale de Creys-Malville 8. Filière à haute température 8.1 Développement 8.2 Le combustible 8.3 Le GT-MHR 9.4 Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 9.2 VHTR 9.3 GFR 9.4 SFR 9.5 SCWR 9.6 LFR				
1.2 Les différentes filières  2. Filière graphite-gaz 2.1 Historique 2.2 Caractéristiques de la filière 2.3 Schéma du réacteur de Bugey 1 2.4 Filière AGR  3. Filière RBMK 3.1 Description 3.2 L'accident de Tchernobyl 2.4 Filière à eau lourde (CANDU) 4.1 Développement 4.2 L'eau lourde 4.3 La filière CANDU  5. Filière à eau pressurisée 5.1 Développement 6.1 Développement 6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière REP  7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 7.3 Caractéristiques de la filière 7.4 Historique 7.5 Centrale de Creys-Malville 8. Filière à haute température 8.1 Développement 8.2 Le combustible 8.3 Le GT-MHR 9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 9.2 VHTR 9.3 GFR 9.4 SFR 9.5 SCWR 9.6 LFR	••		13	
2. Filière graphite-gaz       2.1 Historique       16         2.2. Caractéristiques de la filière       17         2.3 Schéma du réacteur de Bugey 1       18         2.4 Filière AGR       19         3. Filière RBMK       10         3.1 Description       20         3.2 L'accident de Tchernobyl       22         4. Filière à eau lourde (CANDU)       25         4.1 Développement       25         4.2 L'eau lourde       25         4.3 La filière CANDU       26         5. Filière à eau pressurisée       25         5.1 Développement       30         5.2 Caractéristiques de la filière REP       30         6. Filière à eau bouillante       32         6.1 Développement       32         6.2 Caractéristiques de la filière       32         7. Filière à neutrons rapides       32         7.1 La surgénération       34         7.2 Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3 Caractéristiques de la filière       36         7.4 Historique       37         7.5 Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       39         8. Filière de de de de de main       41         9.1 Les différentes gén				
2.1 Historique       16         2.2 Caractéristiques de la filière       17         2.3 Schéma du réacteur de Bugey 1       18         2.4 Filière AGR       19         3. Filière RBMK       10         3.1 Description       20         3.2 L'accident de Tchernobyl       22         4. Filière à eau lourde (CANDU)       25         4.1 Développement       25         4.2 L'eau lourde       25         4.3 La filière CANDU       26         5. Filière à eau pressurisée       25         5.1 Développement       30         5.2 Caractéristiques de la filière REP       30         6. Filière à eau bouillante       30         6.1 Développement       32         6.2 Caractéristiques de la filière       32         7. Filière à neutrons rapides       32         7.1 La surgénération       34         7.2 Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3 Caractéristiques de la filière       36         7.4 Historique       37         7.5 Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       8.1 Développement       41         8.2 Le combustible       42         8.3 Le GT-MHR       43     <	2			
2.2       Caractéristiques de la filière       17         2.3       Schéma du réacteur de Bugey 1       18         2.4       Filière AGR       19         3. Filière RBMK       3.1       Description       20         3.2       L'accident de Tchernobyl       22         4. Filière à eau lourde (CANDU)       25         4.1       Développement       25         4.2       L'eau lourde       25         4.3       La filière CANDU       26         5. Filière à eau pressurisée       5.1       Développement       30         5.2       Caractéristiques de la filière REP       30         6. Filière à eau bouillante       30       30         6.1       Développement       32         6.2       Caractéristiques de la filière       32         7. I La surgénération       34         7.2       Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3       Caractéristiques de la filière       36         7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       31       39         8. Filière à de demain       41         9.1 <t< th=""><th></th><th></th><th>16</th></t<>			16	
2.3 Schéma du réacteur de Bugey 1 2.4 Filière AGR  3. Filière RBMK 3.1 Description 20 3.2 L'accident de Tchernobyl 22  4. Filière à eau lourde (CANDU) 4.1 Développement 25 4.2 L'eau lourde 25 4.3 La filière CANDU 26  5. Filière à eau pressurisée 5.1 Développement 30 5.2 Caractéristiques de la filière REP 30  6. Filière à eau bouillante 6.1 Développement 32 6.2 Caractéristiques de la filière 32 7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 34 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 35 7.3 Caractéristiques de la filière 36 7.4 Historique 37 7.5 Centrale de Creys-Malville 39  8. Filière à haute température 8.1 Développement 41 8.2 Le combustible 42 8.3 Le GT-MHR 43  9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 46 9.2 VHTR 9.3 GFR 47 9.4 SFR 48 9.5 SCWR 49 9.6 LFR		·		
2.4   Filière AGR   19   3.   Filière RBMK   3.1   Description   20   3.2   L'accident de Tchernobyl   22   4.   Filière à eau lourde (CANDU)   4.1   Développement   25   4.3   La filière CANDU   26   4.3   La filière CANDU   26   5.   Filière à eau pressurisée   5.1   Développement   30   5.2   Caractéristiques de la filière REP   30   6.   Filière à eau bouillante   6.1   Développement   32   6.2   Caractéristiques de la filière   32   7.   Filière à neutrons rapides   7.1   La surgénération   34   7.2   Bilan neutronique en régime permanent   35   7.3   Caractéristiques de la filière   36   7.4   Historique   37   7.5   Centrale de Creys-Malville   39   8.   Filière à haute température   8.1   Développement   41   8.2   Le combustible   42   8.3   Le GT-MHR   43   9.   Les filières de demain   9.1   Les différentes générations de réacteurs   46   9.2   VHTR   9.3   GFR   47   9.4   SFR   9.5   SCWR   9.6   LFR   51		l l	18	
3.1 Description 3.2 L'accident de Tchernobyl  4. Filière à eau lourde (CANDU)  4.1 Développement 4.2 L'eau lourde 4.3 La filière CANDU  5. Filière à eau pressurisée 5.1 Développement 5.2 Caractéristiques de la filière REP 30  6. Filière à eau bouillante 6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière 6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière 7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 7.3 Caractéristiques de la filière 7.4 Historique 7.5 Centrale de Creys-Malville  8. Filière à haute température 8.1 Développement 8.2 Le combustible 8.3 Le GT-MHR 41  9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 9.2 VHTR 9.3 GFR 9.4 SFR 9.4 SFR 9.5 SCWR 9.6 LFR				
3.1 Description 3.2 L'accident de Tchernobyl  4. Filière à eau lourde (CANDU)  4.1 Développement 4.2 L'eau lourde 4.3 La filière CANDU  5. Filière à eau pressurisée 5.1 Développement 5.2 Caractéristiques de la filière REP 30  6. Filière à eau bouillante 6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière 6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière 7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 7.3 Caractéristiques de la filière 7.4 Historique 7.5 Centrale de Creys-Malville  8. Filière à haute température 8.1 Développement 8.2 Le combustible 8.3 Le GT-MHR 41  9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 9.2 VHTR 9.3 GFR 9.4 SFR 9.4 SFR 9.5 SCWR 9.6 LFR	3.	Filière RBMK		
3.2       L'accident de Tchernobyl         4.       Filière à eau lourde (CANDU)         4.1       Développement       25         4.2       L'eau lourde       25         4.3       La filière CANDU       26         5.       Filière à eau pressurisée       5.1       Développement       30         5.2       Caractéristiques de la filière REP       30         6.       Filière à eau bouillante       32         6.1       Développement       32         6.2       Caractéristiques de la filière       32         7.       Filière à neutrons rapides         7.1       La surgénération       34         7.2       Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3       Caractéristiques de la filière       36         7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8.       Filière à haute température         8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9.       Les filières de demain       47         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46			20	
4. Filière à eau lourde (CANDU)         4.1 Développement       25         4.2 L'eau lourde       25         4.3 La filière CANDU       26         5. Filière à eau pressurisée       30         5.1 Développement       30         5.2 Caractéristiques de la filière REP       30         6. Filière à eau bouillante       32         6.1 Développement       32         6.2 Caractéristiques de la filière       32         7. Filière à neutrons rapides       32         7.1 La surgénération       34         7.2 Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3 Caractéristiques de la filière       36         7.4 Historique       37         7.5 Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       41         8.1 Développement       41         8.2 Le combustible       42         8.3 Le GT-MHR       43         9. Les filières de demain       9.1 Les différentes générations de réacteurs       46         9.2 VHTR       47         9.4 SFR       48         9.5 SCWR       49         9.6 LFR       51			22	
4.1       Développement       25         4.2       L'eau lourde       25         4.3       La filière CANDU       26         5. Filière à eau pressurisée         5.1       Développement       30         5.2       Caractéristiques de la filière REP       30         6. Filière à eau bouillante         6.1       Développement       32         6.2       Caractéristiques de la filière       32         7. Filière à neutrons rapides       32         7.1       La surgénération       34         7.2       Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3       Caractéristiques de la filière       36         7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8.       Filière à haute température       8.1         8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9.       Les filières de demain       41         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.4       SFR	4.	The state of the s		
4.2       L'eau lourde       25         4.3       La filière CANDU       26         5.       Filière à eau pressurisée       30         5.1       Développement       30         5.2       Caractéristiques de la filière REP       30         6.       Filière à eau bouillante       32         6.1       Développement       32         6.2       Caractéristiques de la filière       32         7.       Filière à neutrons rapides         7.1       La surgénération       34         7.2       Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3       Caractéristiques de la filière       36         7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8.       Filière à haute température       39         8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9.       Les filières de demain       40         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.4       SFR       48         9.5		,	25	
5. Filière à eau pressurisée         5.1 Développement       30         5.2 Caractéristiques de la filière REP       30         6. Filière à eau bouillante       32         6.1 Développement       32         6.2 Caractéristiques de la filière       32         7. Filière à neutrons rapides       34         7.1 La surgénération       34         7.2 Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3 Caractéristiques de la filière       36         7.4 Historique       37         7.5 Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       41         8.1 Développement       41         8.2 Le combustible       42         8.3 Le GT-MHR       43         9. Les filières de demain       43         9.1 Les différentes générations de réacteurs       46         9.2 VHTR       47         9.3 GFR       47         9.4 SFR       48         9.5 SCWR       49         9.6 LFR       51			25	
5.1       Développement       30         5.2       Caractéristiques de la filière REP       30         6. Filière à eau bouillante       32         6.1       Développement       32         6.2       Caractéristiques de la filière       32         7. Filière à neutrons rapides       34         7.1       La surgénération       34         7.2       Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3       Caractéristiques de la filière       36         7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       41         8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9. Les filières de demain       43         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51		4.3 La filière CANDU	26	
5.2       Caractéristiques de la filière REP       30         6.       Filière à eau bouillante       32         6.1       Développement       32         6.2       Caractéristiques de la filière       32         7.       Filière à neutrons rapides         7.1       La surgénération       34         7.2       Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3       Caractéristiques de la filière       36         7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8.       Filière à haute température       41         8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9.       Les filières de demain         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51	5.	Filière à eau pressurisée		
6. Filière à eau bouillante 6.1 Développement 32 6.2 Caractéristiques de la filière 32 7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 34 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 35 7.3 Caractéristiques de la filière 36 7.4 Historique 37 7.5 Centrale de Creys-Malville 39 8. Filière à haute température 8.1 Développement 41 8.2 Le combustible 42 8.3 Le GT-MHR 43 9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 46 9.2 VHTR 47 9.3 GFR 47 9.4 SFR 48 9.5 SCWR 49 9.6 LFR		5.1 Développement	30	
6.1 Développement 6.2 Caractéristiques de la filière 32  7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 34 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 35 7.3 Caractéristiques de la filière 36 7.4 Historique 37 7.5 Centrale de Creys-Malville 39  8. Filière à haute température 8.1 Développement 41 8.2 Le combustible 42 8.3 Le GT-MHR 43  9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 9.2 VHTR 9.3 GFR 47 9.4 SFR 48 9.5 SCWR 9.6 LFR 51		5.2 Caractéristiques de la filière REP	30	
6.2 Caractéristiques de la filière  7. Filière à neutrons rapides  7.1 La surgénération  7.2 Bilan neutronique en régime permanent  7.3 Caractéristiques de la filière  7.4 Historique  7.5 Centrale de Creys-Malville  8. Filière à haute température  8.1 Développement  8.2 Le combustible  8.3 Le GT-MHR  9. Les filières de demain  9.1 Les différentes générations de réacteurs  9.2 VHTR  9.3 GFR  9.4 SFR  9.5 SCWR  9.6 LFR  51	6.	Filière à eau bouillante		
7. Filière à neutrons rapides 7.1 La surgénération 34 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 35 7.3 Caractéristiques de la filière 36 7.4 Historique 37 7.5 Centrale de Creys-Malville 39  8. Filière à haute température  8.1 Développement 41 8.2 Le combustible 42 8.3 Le GT-MHR 43  9. Les filières de demain  9.1 Les différentes générations de réacteurs 46 9.2 VHTR 47 9.3 GFR 47 9.4 SFR 48 9.5 SCWR 49 9.6 LFR				
7.1 La surgénération 7.2 Bilan neutronique en régime permanent 7.3 Caractéristiques de la filière 7.4 Historique 7.5 Centrale de Creys-Malville 8.1 Développement 8.2 Le combustible 8.3 Le GT-MHR 43  9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 9.2 VHTR 9.3 GFR 9.4 SFR 9.5 SCWR 9.6 LFR  36 36 37 37 37 36 36 37 37 37 38 39 39 39 30 30 30 31 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32		6.2 Caractéristiques de la filière	32	
7.2       Bilan neutronique en régime permanent       35         7.3       Caractéristiques de la filière       36         7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       41         8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9.       Les filières de demain         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51	7.	Filière à neutrons rapides		
7.3 Caractéristiques de la filière 36 7.4 Historique 37 7.5 Centrale de Creys-Malville 39  8. Filière à haute température 8.1 Développement 41 8.2 Le combustible 42 8.3 Le GT-MHR 43  9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 46 9.2 VHTR 47 9.3 GFR 47 9.4 SFR 48 9.5 SCWR 49 9.6 LFR 51				
7.4       Historique       37         7.5       Centrale de Creys-Malville       39         8. Filière à haute température       41         8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9.       Les filières de demain         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51		1 5 1		
7.5 Centrale de Creys-Malville 39  8. Filière à haute température 8.1 Développement 41 8.2 Le combustible 42 8.3 Le GT-MHR 43  9. Les filières de demain 9.1 Les différentes générations de réacteurs 46 9.2 VHTR 47 9.3 GFR 47 9.4 SFR 48 9.5 SCWR 49 9.6 LFR 51				
8. Filière à haute température         8.1 Développement       41         8.2 Le combustible       42         8.3 Le GT-MHR       43         9. Les filières de demain         9.1 Les différentes générations de réacteurs       46         9.2 VHTR       47         9.3 GFR       47         9.4 SFR       48         9.5 SCWR       49         9.6 LFR       51				
8.1       Développement       41         8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9. Les filières de demain         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51	•	•	39	
8.2       Le combustible       42         8.3       Le GT-MHR       43         9. Les filières de demain         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51	8.			
8.3       Le GT-MHR       43         9.       Les filières de demain         9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51				
<ul> <li>9. Les filières de demain</li> <li>9.1 Les différentes générations de réacteurs</li> <li>9.2 VHTR</li> <li>9.3 GFR</li> <li>9.4 SFR</li> <li>9.5 SCWR</li> <li>9.6 LFR</li> </ul>				
9.1       Les différentes générations de réacteurs       46         9.2       VHTR       47         9.3       GFR       47         9.4       SFR       48         9.5       SCWR       49         9.6       LFR       51	•		43	
9.2 VHTR 47 9.3 GFR 47 9.4 SFR 48 9.5 SCWR 49 9.6 LFR 51	9.		4.0	
9.3 GFR       47         9.4 SFR       48         9.5 SCWR       49         9.6 LFR       51		3		
9.4 SFR 48 9.5 SCWR 49 9.6 LFR 51				
9.5 SCWR 49 9.6 LFR 51				
9.6 LFR 51				
7./ IVIOD		9.7 MSR	52	

CHAPITRE II	LES REACTEURS A EAU PRESSURISEE	
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
	<ul><li>2.5 Le générateur de vapeur</li><li>2.6 Les systèmes fluides</li></ul>	68 69
3.	Le circuit secondaire	09
J.	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 85
	<ul><li>4.4 Bilan neutronique en régime permanent</li><li>4.5 Effets de la température et de l'usure du combustible</li></ul>	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.	·	
	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	00
	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.		407
	2.1 Formes de l'énergie 2.2 Répartition de la puissance	107 108
3.	-	100
ა.	Transfert de chaleur 3.1 Transfert de chaleur par conduction	112
	3.2 Transfert de chaleur par convection	116
4.	·	
7.	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.		
••	1.1 Les éléments naturels d'intérêt nucléaire	137
	1.2 Les cycles du combustible	137
2.	L'uranium	
	2.1 Découverte	140

			Propriétés nucléaires	140		
			Caractéristiques physiques	141		
			Le minerai d'uranium	141		
			Concentration chimique du minerai Raffinage et conversion	143 143		
	3		richissement	143		
	J.		L'unité de travail de séparation	145		
			La diffusion gazeuse	147		
			L'ultracentrifugation	153		
			Les tuyères de séparation	156		
			L'enrichissement par laser	157		
	4.	Les	éléments combustibles			
		4.1	Le matériau combustible	158		
			La gaine	161		
		4.3	Le combustible usé	162		
	5.		etraitement			
			Le recyclage du combustible	173		
			Le procédé PUREX	173 175		
	_	5.3 La séparation poussée				
	6.		déchets	.=0		
			Types et classements	176		
			Volume	177		
			Conditionnement entreposage et stockage	179 185		
			Effluents liquides et gazeux Les déchets nucléaires et la loi française	186		
			Les déchets à l'étranger	189		
	7.		'horium	.00		
	• •		Caractéristiques	191		
		7.2	Géographie du thorium	192		
			Utilisations	192		
	8.	,	nomie du cycle du combustible			
	_		Le minerai et la concentration de l'uranium	193		
		8.2	La conversion	195		
			L'enrichissement	196		
			Le retraitement	197		
		8.5	Le coût du combustible	198		
CHAPITRE	•	<b>—</b> / \	FUSION THERMONUCLÉAIRE			
	1.		éralités			
			L'énergie de fusion	199		
	_	1.2	Les réactions de fusion	201		
	2.	Le plasma thermonucléaire				
		2.1	Température	204		
		2.2	Neutralité Section efficace de fusion	204 205		
			Les pertes d'énergie	209		
			Bilan d'énergie	210		
			Critère de Lawson	211		
	3.		onfinement magnétique			
	٠.	3.1	Le champ magnétique	215		
		3.2	Le chauffage du plasma	218		
			Les réalisations actuelles	218		
	4.	Le c	onfinement inertiel			
			Principe	220		
		4.2	Réalisations actuelles	223		
	5.	Vers	s un réacteur nucléaire à fusion			
		5.1	Schéma de principe	224		
		5.2	Problèmes technologiques	225		

	<ul><li>5.3 Sécurité</li><li>5.4 Les déchets</li><li>5.5 ITER</li></ul>	227 227 228
ANNEXES	<ol> <li>Quelques constantes physiques</li> <li>Les unités en énergétique</li> <li>Les unités anglo-saxonnes</li> <li>Caractéristiques de l'eau liquide saturée</li> <li>Table de la vapeur d'eau saturée</li> <li>Géographie des centrales nucléaires</li> <li>Éléments d'économie de l'énergie nucléaire</li> <li>Sigles et abréviations</li> <li>Tableau périodique des éléments</li> <li>Liste alphabétique des éléments</li> <li>Petit dictionnaire English-Français</li> </ol>	232 233 234 235 236 238 249 251 260 261 262
SOURCES	5	267
CRÉDIT P	РНОТО	272
GLOSSAI	RE	273
INDEX		275

