



# Histoire du nucléaire

## Les découvertes fondamentales (Pr. J. Foos)

Pierre et Marie Curie aux origines de l'énergie nucléaire

## La genèse de l'énergie nucléaire (1939-1945)

Le premier réacteur et la première bombe

## La maturité de l'énergie nucléaire (1945-1975)

Le développement industriel et les premières filières **(suite)**

## Heurts et malheurs de l'énergie nucléaire

Radioprotection, accidents, et prolifération...

## Les perspectives du nucléaire au XXI<sup>e</sup> siècle

# La maturité de l'énergie nucléaire (1939-1945)

## L'optimisme 1960 – 1980

**USA – GB – France – URSS**

**Canada – Suède – Italie – Inde**

**Pays d'extrême orient**

## **Choix industriels et économiques liés à la reconstruction**

Hiroshima et Nagasaki restent associés au passé  
Et aux études des effets des rayonnements aux faible dose

**Premières productions d'électricité d'origine nucléaire par pays, réalisée ou *prévue***  
**First electric generations supplied by a nuclear unit in each country, achieved or *expected***

PAYS Country	DATE DE PREMIÈRE PRODUCTION first generation date	NOM DE L'UNITÉ (FILIÈRE) unit name (type)	ANNÉE D'ARRÊT DÉFINITIF définitive shutdown year	PAYS Country	DATE DE PREMIÈRE PRODUCTION first generation date	NOM DE L'UNITÉ (FILIÈRE) unit name (type)	ANNÉE D'ARRÊT DÉFINITIF définitive shutdown year
ETATS-UNIS	20/12/1951	EBR-1 (RAPIDE)	1963	ARGENTINE	17/03/1974	ATUCHA-1 (PHWR)	
RUSSIE	27/06/1954	AES-1 OBNINSK (RBMK)	1988	BULGARIE	24/07/1974	KOZLODUY-1 (WWER)	2002
ROYAUME UNI	27/08/1956	CALDER HALL-1 (MGUNGG)	2003	ARMENIE	28/12/1976	OKTEMBERYAN-1 (WWER)	1989
FRANCE	28/09/1956	MARCOULE G-1 (UNGG)	1968	FINLANDE	08/02/1977	LOVIISA-1 (WWER)	
ALLEMAGNE FEDERALE	17/06/1961	V.A.KAHL (BWR)	1985	COREE DU SUD	30/06/1977	KORI-1 (PWR)	
CANADA	04/06/1962	ROLPHTON NPD-2(BHWR)	1987	UKRAINE	26/09/1977	CHERNOBYL-1 (RBMK)	1996
BELGIQUE	10/10/1962	MOL BR-3 (PWR)	1987	TAIWAN (CHINE)	16/11/1977	CHINSHAN-1 (BWR)	
ITALIE	12/05/1963	LATINA (MGUNGG)	1987	SLOVENIE	02/10/1981	KRSKO (PWR)	
JAPON	26/10/1963	TOKAI JPDR-1 (BWR)	1969	BRESIL	01/04/1982	ANGRA-1 (PWR)	
SUEDE	20/03/1964	AGESTA (PHWR)	1974	HONGRIE	28/12/1982	PAKS-1 (WWER)	
EX ALLEMAGNE DEM	06/05/1966	RHEINSBERG (WWER)	1990	LITUANIE	31/12/1983	IGNALINA-1 (RBMK)	
SUISSE	29/01/1968	LUCENS (HWGCR)	1969	AFRIQUE DU SUD	04/04/1984	KOEBERG-1 (PWR)	
ESPAGNE	11/07/1968	JOSE CABRERA (PWR)		REP TCHEQUE	24/02/1985	DUKOVANY-1 (WWER)	
PAYS BAS	25/10/1968	DODEWAARD (BWR)	1997	MEXIQUE	13/04/1989	LAGUNA VERDE-1 (BWR)	
INDE	01/04/1969	TARAPUR-1 (BWR)		CHINE	15/12/1991	QINSHAN-1 (PWR)	
PAKISTAN	18/10/1971	KANUPP (PHWR)		ROUMANIE	12/07/1996	CERNAVODA-1 (PHWR)	
SLOVAQUIE	01/12/1972	BOHUNICE A-1 (HWGCR)	1979	IRAN	2004	BUSHER-1 (WWER)	
KAZAKHSTAN	16/07/1973	AKTAU-1 (RAPIDE)	1999	COREE DU NORD	-	SHIN PO-1 (PWR)	

## Le développement du parc REP français

Les USA ont déjà développé les PWR à eau légère  
Sous la direction de l'amiral Rickover

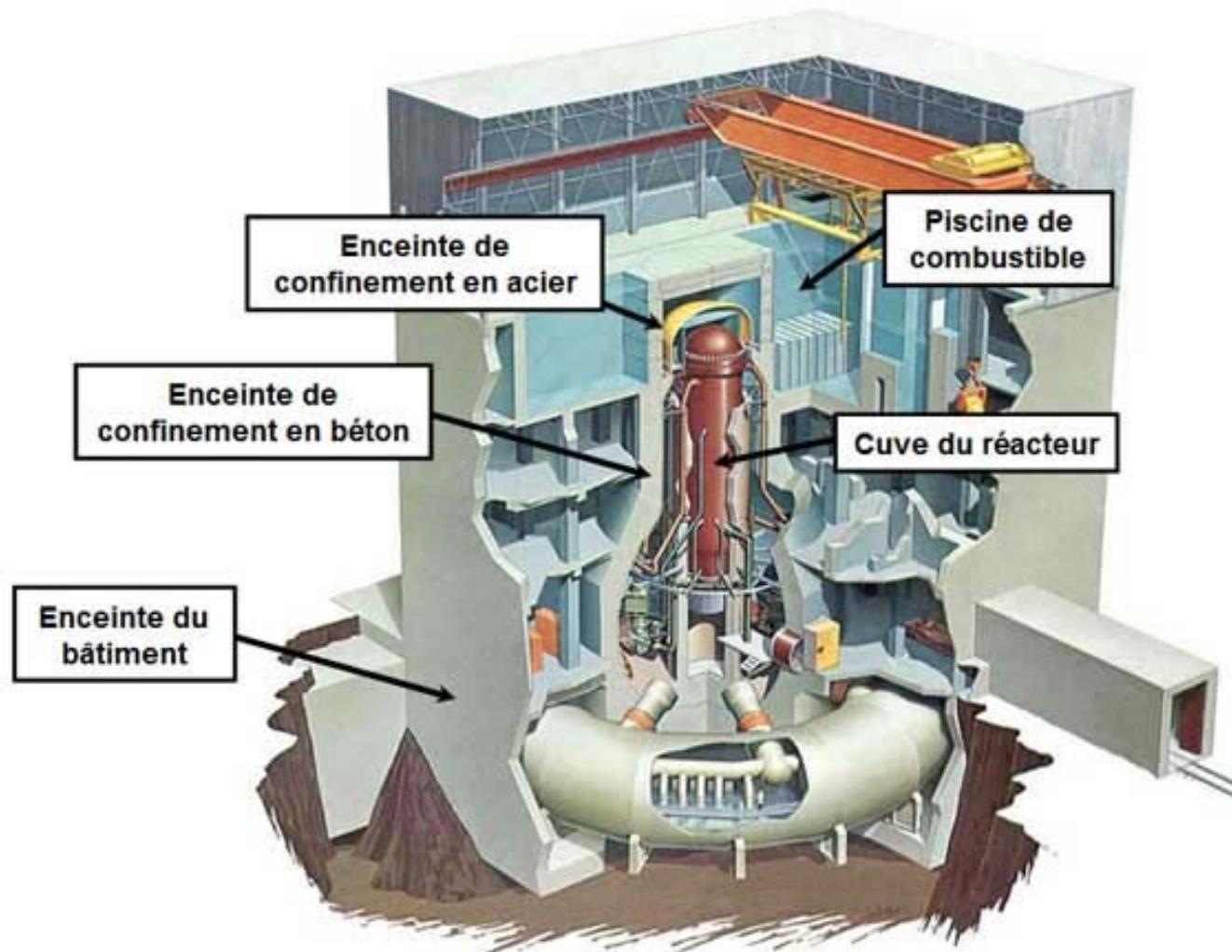
- **21 Janvier 1954 : Nautilus**
- **2 décembre 1957 : Shippingport 60 MWe : pressurisé**
- **15 mars 1960 : Dresden 200 MWe : Bouillant**

### **Deux options techniques :**

Eau légère pressurisée : Westinghouse, Babcock et Wilcock

Eau bouillante : Général Electric

Qui se développeront dans le monde (Japon, Allemagne)



## Modèle de REB (USA, Allemagne, Japon...)

## Commission PEON (production électrique)

Couplage **EdF** (Jacques CABANIUS) et **CEA** (Jules HOROWITZ)

Etude entre UNGG et PWR de 500 MWe : 20% écart

Projet de Fessenheim (général de Gaulle)

Mais étude avec la Belgique (SENA, Tihange) de PWR

**13 Novembre 1960 : décision de Georges POMPIDOU**

Mise en place d'un projet de **filère française...**

## FRAMATOME et francisation du REP

**Société franco américaine de constructions atomiques**  
Licencié de Westinghouse pour la filière **PWR**

**Groupe CGE / Alcatel-Alsthom pour la filière BWR**

**1967 : développement à CHOOZ et Tihange (1975, EdF)**  
Société franco belge d'énergie nucléaire

**1977 : couplage de FESSENHEIM au réseau 2x900 MWe**  
**Puis le BUGEY (4 unités) : contrat CP0**

Les unités REB sont abandonnées  
(Conseil ministériel du 4 août 1985)

## 1975 : le choc pétrolier, développement accéléré

Plan Messmer (1<sup>o</sup> ministre, 6 mars 1974)

Plan CP1 : 18 unités de 900 MWe

Plan CP2 : 10 unités de 900 MWe

Plan P4 : 8 unités de 1300 MWe

Plan P'4 : 12 unités de 1300 MWe

Et enfin Plan N4 : 4 unités de 1450 MWe

Avantage aux "séries" de réacteurs

*"les français ont des centaines de fromage*

*Et un seul modèle de centrale.*

*Nous c'est l'inverse.."*

Ivan SELIN, autorité de sûreté américaine

## 1982 : la France se libère de la license PWR

Le palier N4 devient REP

58 réacteurs à eau légère mis en place

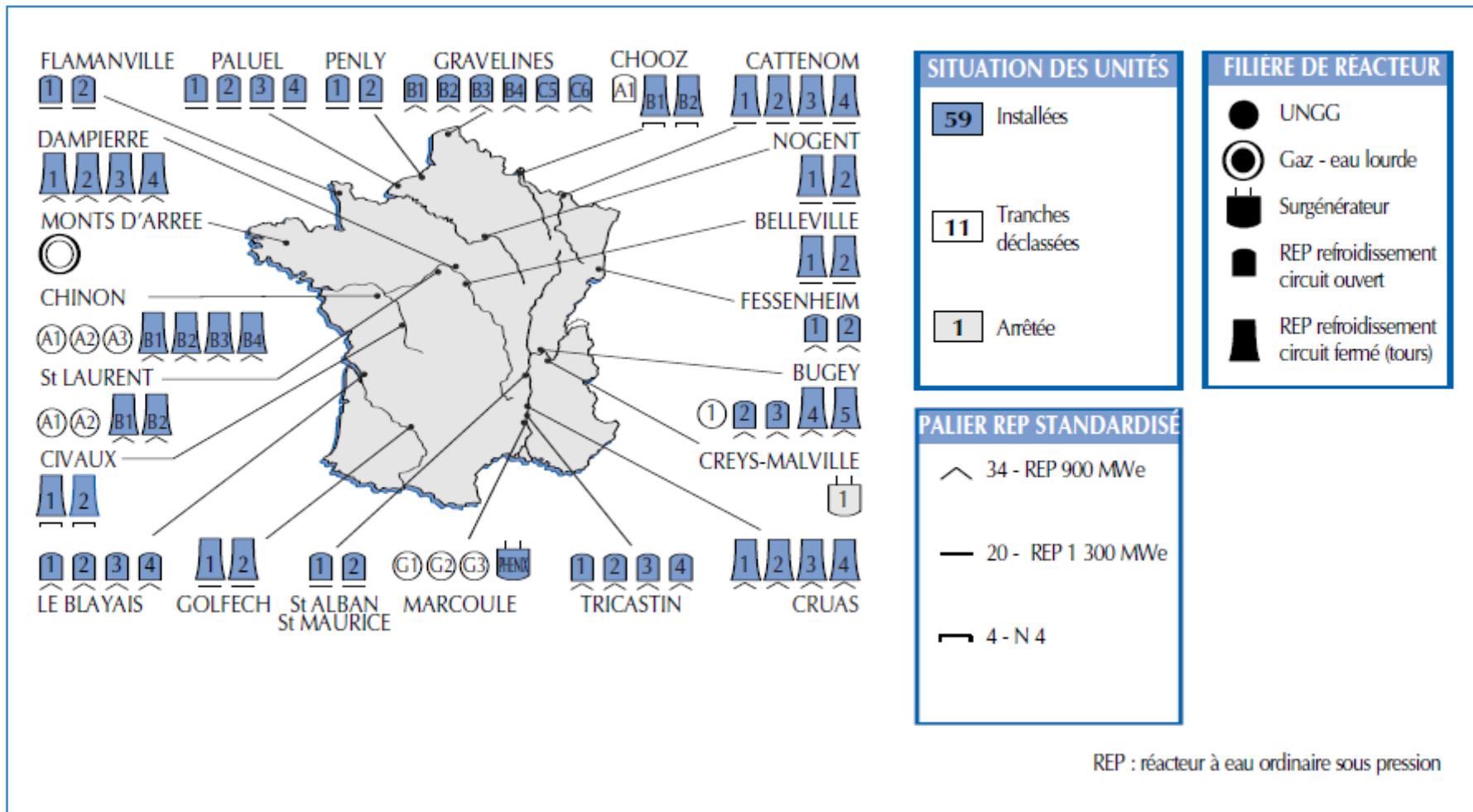
Mise en commun des modes de pilotage,  
de formation,  
de calculs,  
de surveillance...

*"La France n'avait pas de gaz,  
La France n'avait pas de pétrole,  
La France n'avait pas de charbon,  
La France n'avait pas le choix !"*

Lord Marshall, British Electric Energy



Carte des unités électronucléaires en France au 01/01/2006  
 Map of the French nuclear power plants on 2006/01/01



**Indicateurs de performance des unités REP en France**  
**Performance Indicator of french PWR units**

Période de 01/2005 à 12/2005

Tranches	Puissance Nette (MWe)	Puissance Brute (MWe)	Taux de disponibilité en énergie Kd	Taux de disponibilité en temps Af	Kd MSI	Taux de production Kp	Taux d'utilisation Ku	Tranches	Puissance Nette (MWe)	Puissance Brute (MWe)	Taux de disponibilité en énergie Kd	Taux de disponibilité en temps Af	Kd MSI	Taux de production Kp	Taux d'utilisation Ku
Belleville-1	1 310	1 363	98,77%	98,70%	77,45%	89,20%	90,31%	Flamanville-1	1 330	1 382	85,64%	87,07%	77,25%	78,11%	91,20%
Belleville-2	1 310	1 363	86,90%	88,66%	78,61%	80,54%	92,68%	Flamanville-2	1 330	1 382	89,11%	90,11%	77,27%	83,94%	94,19%
Blayais-1	910	951	87,72%	89,51%	78,24%	86,26%	98,34%	Golfech-1	1 310	1 363	78,73%	80,07%	84,55%	75,37%	95,73%
Blayais-2	910	951	84,96%	85,76%	81,94%	86,73%	102,08%	Golfech-2	1 310	1 363	99,19%	99,49%	85,45%	86,59%	87,29%
Blayais-3	910	951	80,27%	78,48%	81,97%	73,49%	91,56%	Gravelines B-1	910	951	84,55%	84,47%	77,14%	77,63%	91,82%
Blayais-4	910	951	71,55%	72,57%	81,75%	68,34%	95,51%	Gravelines B-2	910	951	88,21%	89,95%	80,37%	83,08%	94,18%
Bugey-2	910	945	86,74%	86,84%	73,57%	79,96%	92,18%	Gravelines B-3	910	951	78,93%	81,35%	80,80%	76,15%	96,48%
Bugey-3	910	945	82,31%	80,10%	74,44%	72,83%	88,48%	Gravelines B-4	910	951	82,20%	83,95%	79,75%	80,72%	98,20%
Bugey-4	880	917	83,97%	87,58%	74,98%	78,78%	93,82%	Gravelines C-5	910	951	84,01%	85,89%	82,62%	80,31%	95,59%
Bugey-5	880	917	98,85%	97,87%	77,20%	91,10%	92,16%	Gravelines C-6	910	951	84,30%	85,74%	81,99%	82,00%	97,27%
Cattenom-1	1 300	1 362	89,12%	90,40%	73,02%	81,87%	91,87%	Nogent-1	1 310	1 363	76,47%	77,66%	77,27%	74,11%	96,91%
Cattenom-2	1 300	1 362	87,87%	89,55%	78,86%	81,21%	92,42%	Nogent-2	1 310	1 363	77,20%	78,85%	83,05%	73,01%	94,57%
Cattenom-3	1 300	1 362	89,23%	90,68%	82,01%	85,68%	96,02%	Paluel-1	1 330	1 382	98,39%	98,79%	78,17%	90,69%	92,17%
Cattenom-4	1 300	1 362	98,32%	97,26%	85,95%	87,06%	88,54%	Paluel-2	1 330	1 382	65,28%	66,47%	75,78%	62,09%	95,12%
Chinon B-1	905	954	84,49%	86,88%	80,04%	81,53%	96,50%	Paluel-3	1 330	1 382	76,92%	75,03%	75,64%	69,96%	90,94%
Chinon B-2	905	954	88,00%	89,98%	81,07%	84,00%	95,46%	Paluel-4	1 330	1 382	93,34%	90,74%	77,96%	83,10%	89,03%
Chinon B-3	905	954	79,10%	83,18%	80,50%	70,49%	89,12%	Penly-1	1 330	1 382	79,06%	81,10%	82,52%	72,86%	92,15%
Chinon B-4	905	954	71,15%	80,25%	81,94%	67,36%	94,68%	Penly-2	1 330	1 382	84,78%	86,14%	83,33%	78,07%	92,08%
<b>Chooz B-1</b>	<b>1 500</b>	<b>1 560</b>	<b>70,47%</b>	<b>71,75%</b>	<b>83,02%</b>	<b>68,65%</b>	<b>97,42%</b>	Saint-Alban-1	1 335	1 381	88,64%	90,74%	77,14%	82,82%	93,43%
<b>Chooz B-2</b>	<b>1 500</b>	<b>1 560</b>	<b>84,06%</b>	<b>83,82%</b>	<b>85,49%</b>	<b>78,46%</b>	<b>93,33%</b>	Saint-Alban-2	1 335	1 381	70,60%	72,61%	76,71%	61,89%	87,66%
<b>Civaux 1</b>	<b>1 495</b>	<b>1 561</b>	<b>76,26%</b>	<b>78,25%</b>	<b>83,02%</b>	<b>73,83%</b>	<b>96,81%</b>	Saint Laurent B-1	915	956	69,53%	70,62%	76,57%	66,96%	96,31%
<b>Civaux 2</b>	<b>1 495</b>	<b>1 561</b>	<b>75,92%</b>	<b>77,03%</b>	<b>81,74%</b>	<b>73,43%</b>	<b>96,72%</b>	Saint Laurent B-2	915	956	78,63%	80,34%	77,60%	71,32%	90,70%
Cruas Meysse-1	915	956	71,08%	72,04%	82,20%	66,63%	93,73%	Tricastin-1	915	955	85,33%	79,99%	79,51%	72,69%	85,19%
Cruas Meysse-2	915	956	85,81%	87,72%	81,98%	81,15%	94,57%	Tricastin-2	915	955	82,60%	81,37%	79,13%	73,22%	88,64%
Cruas Meysse-3	915	956	88,28%	89,76%	83,76%	86,60%	98,10%	Tricastin-3	915	955	90,44%	91,11%	81,02%	81,88%	90,54%
Cruas Meysse-4	915	956	81,58%	84,02%	82,72%	78,04%	95,65%	Tricastin-4	915	955	88,80%	88,22%	81,91%	81,11%	91,35%
Dampierre-1	890	937	85,19%	86,23%	76,40%	74,89%	87,91%	REP 900	30 770	32 194	83,02%	84,17%	79,06%	77,64%	93,5%
Dampierre-2	890	937	76,34%	76,70%	77,60%	67,36%	88,24%	REP 1300	26 370	27 444	85,65%	86,51%	78,95%	78,88%	92,1%
Dampierre-3	890	937	86,49%	87,07%	78,29%	80,07%	92,57%	<b>REP 1500</b>	<b>5 990</b>	<b>6 242</b>	<b>76,68%</b>	<b>77,71%</b>	<b>83,47%</b>	<b>73,59%</b>	<b>96,0%</b>
Dampierre-4	890	937	88,67%	90,82%	77,98%	84,23%	94,99%	<b>Total REP</b>	<b>63 130</b>	<b>65 880</b>	<b>83,40%</b>	<b>84,53%</b>	<b>79,12%</b>	<b>77,77%</b>	<b>93,13%</b>
Fessenheim-1	880	920	75,38%	76,18%	71,74%	70,59%	93,65%								
Fessenheim-2	880	920	87,61%	89,19%	76,55%	82,78%	94,48%								

## Développements dans les autres pays

### Contextes très différents :

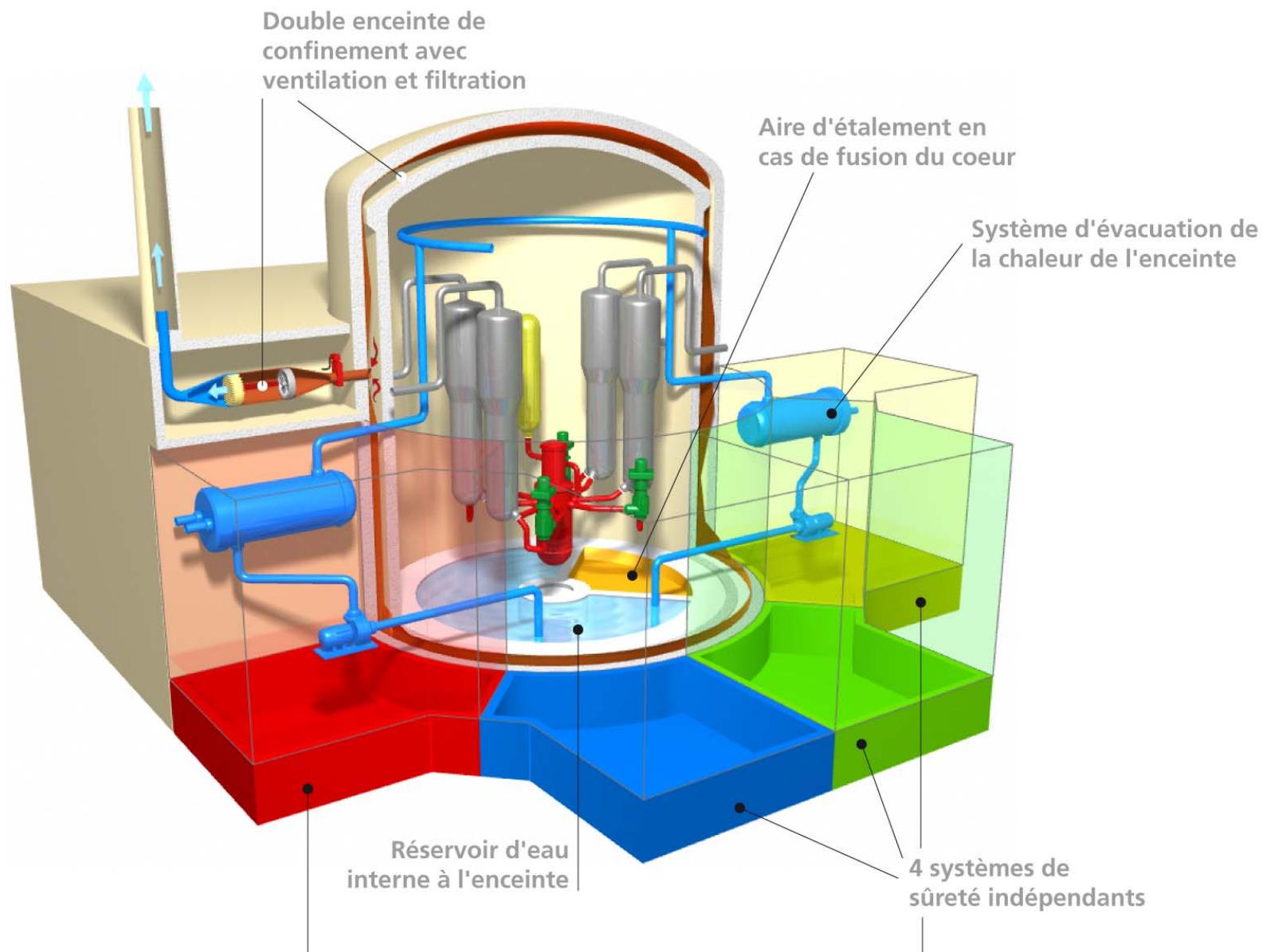
Interdépendances industrielles  
Administrations plus ou moins décentralisées  
Régionalismes (52 "nuclear utilities" aux USA)  
Influences des mouvements écologistes variables  
Autres énergies disponibles parfois

Arrêt aux USA dès 1974

En 1994 : 109 réacteurs en service et 118 annulations  
Watt-Bar 1 : commandé en 70, commencé en 73, couplage en 96 !

Arrêt en Italie en 1987 (référendum)  
en Autriche en 1978 (Zwentendorf)

Développements associés pour les recherches sur les rapides

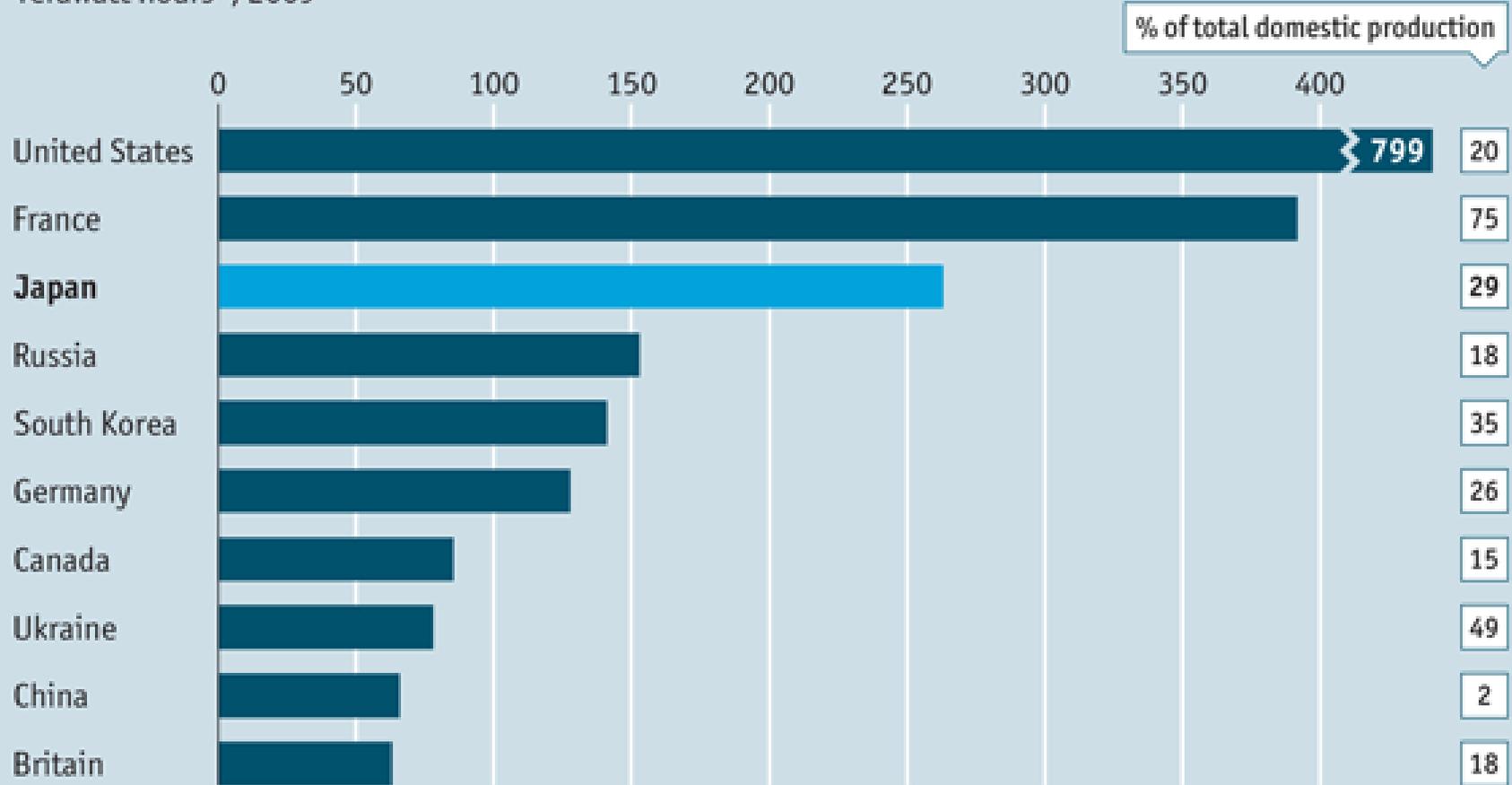




## Centrales nucléaires dans le monde

## Biggest nuclear-electricity producers

Terawatt hours\*, 2009



Source: World Nuclear Association

\*1 terawatt hour = 1 trillion watt hours

**Situation mondiale des unités électronucléaires (31/12/2005)**  
**Worldwide status of nuclear power plants (12/31/2005)**

FILIÈRES REGROUPÉES reactor type groups	CONNECTÉES AU RÉSEAU Connected to the Grid		EN CONSTRUCTION (2005) under construction		ARRÊTÉES (1950-2005) shutdown	
	Capacité (MWe Net)	Unités Units	Capacité (MWe Net)	Unités Units	Capacité (MWe Net)	Unités Units
ABWR	5 259	4	0	0	0	0
AGR	8 380	14	0	0	32	1
BWR	78 103	89	2 600	2	6 442	21
FBR	793	2	470	1	1 824	7
GCR	2 284	8	0	0	5 245	29
HTGR	0	0	0	0	679	4
HWGCR	0	0	0	0	280	3
HWLWR	0	0	0	0	398	2
LWGR	11 404	16	925	1	4 933	7
PHWR	20 933	41	2 645	7	2 875	9
PWR	205 398	214	8 587	9	9 710	16
SGHWR	0	0	0	0	92	1
WWER	35 710	53	6 584	7	4 105	11
<b>TOTAL</b>	<b>368 264</b>	<b>441</b>	<b>21 811</b>	<b>27</b>	<b>36 615</b>	<b>111</b>
PAYS REGROUPÉS country groups	CONNECTÉES AU RÉSEAU Connected to the Grid		EN CONSTRUCTION (2005) under construction		ARRÊTÉES (1950-2005) shutdown	
	Capacité (MWe Net)	Unités Units	Capacité (MWe Net)	Unités Units	Capacité (MWe Net)	Unités Units
AMÉRIQUE DU NORD (1) NORTH AMERICA	110 744	121	0	0	13 701	31
EUROPE HORS PAYS EX-URSS (2) EUROPE WITHOUT EX-USSR COUNTRIES	124 877	136	1 600	1	15 528	62
PAYS EX-URSS (3) EX-USSR COUNTRIES	47 353	69	8 236	9	6 820	14
ASIE (4) ASIA	79 344	107	10 368	15	566	4
AUTRES PAYS (5) OTHER COUNTRIES	5 946	8	1 607	2	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>368 264</b>	<b>441</b>	<b>21 811</b>	<b>27</b>	<b>36 615</b>	<b>111</b>

(1) Canada, États-Unis.

(2) Allemagne, Belgique, Espagne, Finlande, France, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, Slovénie, Suède, Suisse.

(3) Arménie, Bulgarie, Hongrie, Kazakhstan, Lituanie, République Tchèque, Roumanie, Russie, Slovaquie, Ukraine.

(4) Chine, Corée du Nord, Corée du Sud, Inde, Japon, Pakistan, Taiwan (Chine).

(5) Afrique du Sud, Argentine, Brésil, Iran, Mexique.

**Unités électronucléaires connectées au réseau - par filière**  
**Nuclear power plants connected to the Grid- by reactor type groups**

PAYS Country	ABWR MWe	ABWR (Unités)	AGR MWe	AGR (Unités)	BWR MWe	BWR (Unités)	FBR MWe	FBR (Unités)	GCR MWe	GCR (Unités)	LWGR MWe	LWGR (Unités)	PHWR MWe	PHWR (Unités)	PWR MWe	PWR (Unités)	WWER MWe	WWER (Unités)	Total MWe	Total (Unités)
AFRIQUE DU SUD															1 800	(2)			1 800	(2)
ALLEMAGNE					6 371	(6)									13 968	(11)			20 339	(17)
ARGENTINE													935	(2)					935	(2)
ARMENIE																	376	(1)	376	(1)
BELGIQUE															5 824	(7)			5 824	(7)
BRESIL															1 901	(2)			1 901	(2)
BULGARIE																	2 722	(4)	2 722	(4)
CANADA													12 599	(18)					12 599	(18)
CHINE													1 300	(2)	5 272	(7)			6 572	(9)
COREE DU SUD													2 579	(4)	14 231	(16)			16 810	(20)
ESPAGNE					1 510	(2)									6 078	(7)			7 588	(9)
ETATS-UNIS					32 161	(34)									65 984	(69)			98 145	(103)
FINLANDE					1 700	(2)											976	(2)	2 676	(4)
FRANCE							233	(1)							63 130	(58)			63 363	(59)
HONGRIE																	1 755	(4)	1 755	(4)
INDE					300	(2)							2 740	(13)					3 040	(15)
JAPON	5 259	(4)			23 909	(28)									18 425	(23)			47 593	(55)
LITUANIE											1 185	(1)							1 185	(1)
MEXIQUE					1 310	(2)													1 310	(2)
PAKISTAN													125	(1)	300	(1)			425	(2)
PAYS-BAS															449	(1)			449	(1)
REP TCHEQUE																	3 368	(6)	3 368	(6)
ROUMANIE													655	(1)					655	(1)
ROYAUME UNI			8 380	(14)					2 284	(8)					1 188	(1)			11 852	(23)
RUSSIE							560	(1)			10 219	(15)					10 964	(15)	21 743	(31)
SLOVAQUIE																	2 442	(6)	2 442	(6)
SLOVENIE															656	(1)			656	(1)
SUEDE					6 218	(7)									2 692	(3)			8 910	(10)
SUISSE					1 520	(2)									1 700	(3)			3 220	(5)
TAIWAN (CHINE)					3 104	(4)									1 800	(2)			4 904	(6)
UKRAINE																	13 107	(15)	13 107	(15)
<b>TOTAL</b>	<b>5 259</b>	<b>(4)</b>	<b>8 380</b>	<b>(14)</b>	<b>78 103</b>	<b>(89)</b>	<b>793</b>	<b>(2)</b>	<b>2 284</b>	<b>(8)</b>	<b>11 404</b>	<b>(16)</b>	<b>20 933</b>	<b>(41)</b>	<b>205 398</b>	<b>(214)</b>	<b>35 710</b>	<b>(53)</b>	<b>368 264</b>	<b>(441)</b>

## EURODIF et La Hague

Nécessité de produire de l'uranium enrichi

**Pierrelatte (militaire) puis Tricastin (5% civil)**

Production démarrée en 1978 : GIE Eurodif

Pouvant assurer le double des besoins français

3 des 4 centrales assurent la production...

**Aval du cycle : PUREX et retraitement**

Extraction du Plutonium et séparation des PF

Besoins en radioprotection et surveillances

Développement de la chimie associée

**Et début des démantèlements...**

## Le retraitement dans le monde

**France** : la Hague 1600 t/an (oxyde) 1976 – 1990

**Royaume Uni** : Sellafield 1500 t/an (métal et oxyde) 1964 -1994

**Japon** : Tokaïmura 90 t/an (oxyde) 1977

**Inde** : Tarapour 60 t/an (D<sub>2</sub>O ou oxyde) 1982

**Russie** : Chelyabinsk 400 t/an Oxyde 1984

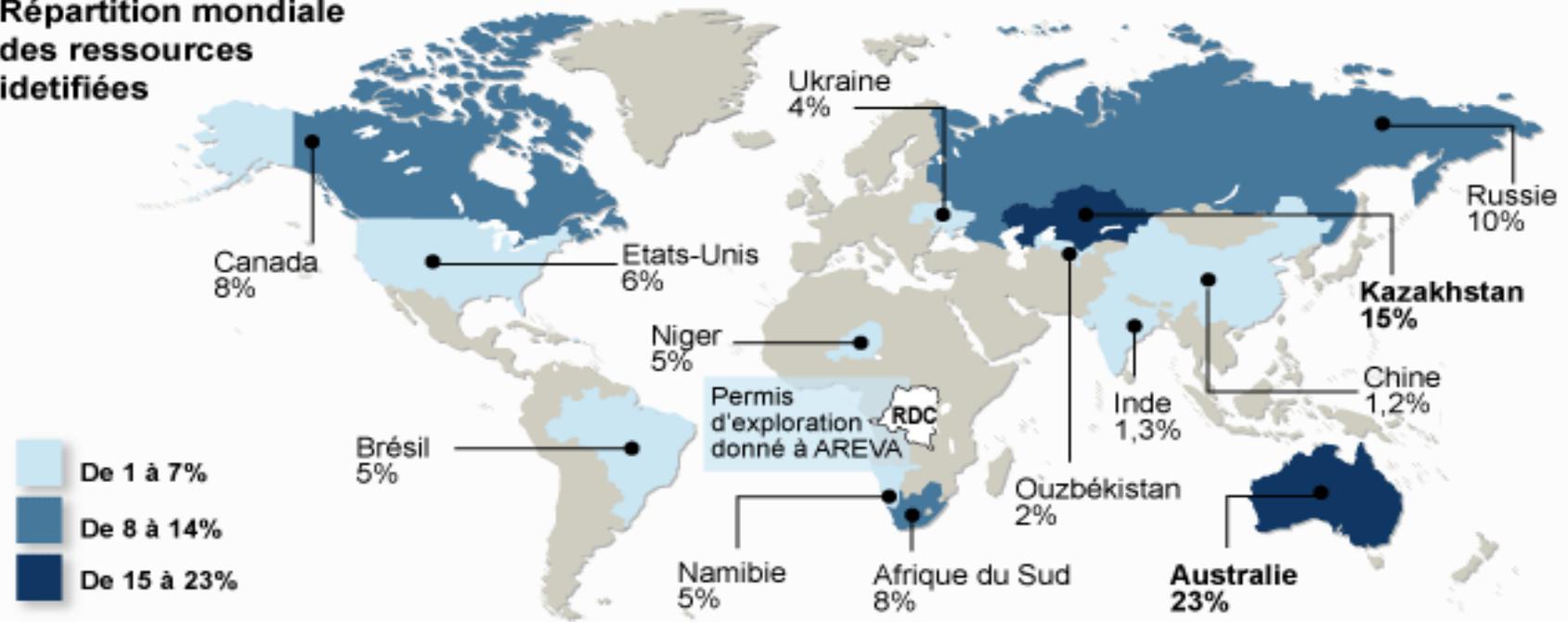
### En projet :

**Inde** : Kalpakham 100 t/an (eau lourde)

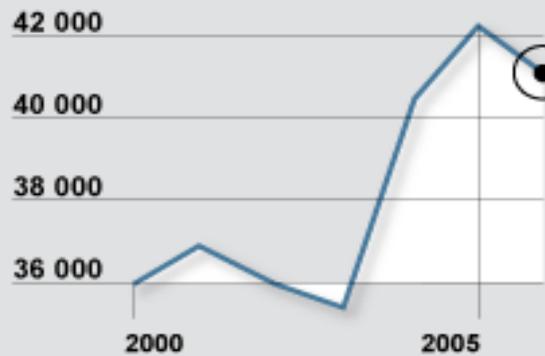
**Japon** : Rokkashomura 800 t/an (oxyde)

## Gestion des différents types de combustible

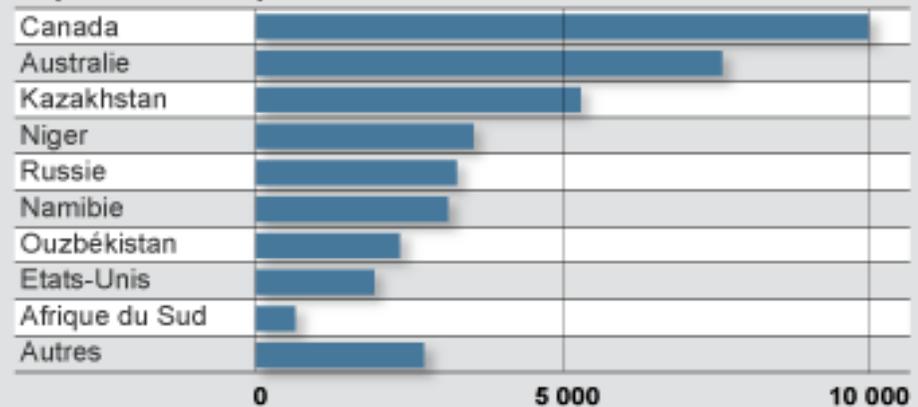
## Répartition mondiale des ressources identifiées



## Production mondiale d'uranium en tonnes par an



## Répartition de la production en 2006



Source : Ocde/Aiea

## **SUPERPHENIX : une bonne idée réalisée trop tôt**

**NERSA : nucléaire européenne rapides S.A.**

France (51%), Italie (33%), Allemagne (11%)  
Projets en Allemagne...

7 décembre 1985 : divergence de Superphénix  
Pleine puissance en 1986

1996 : 96% de disponibilité

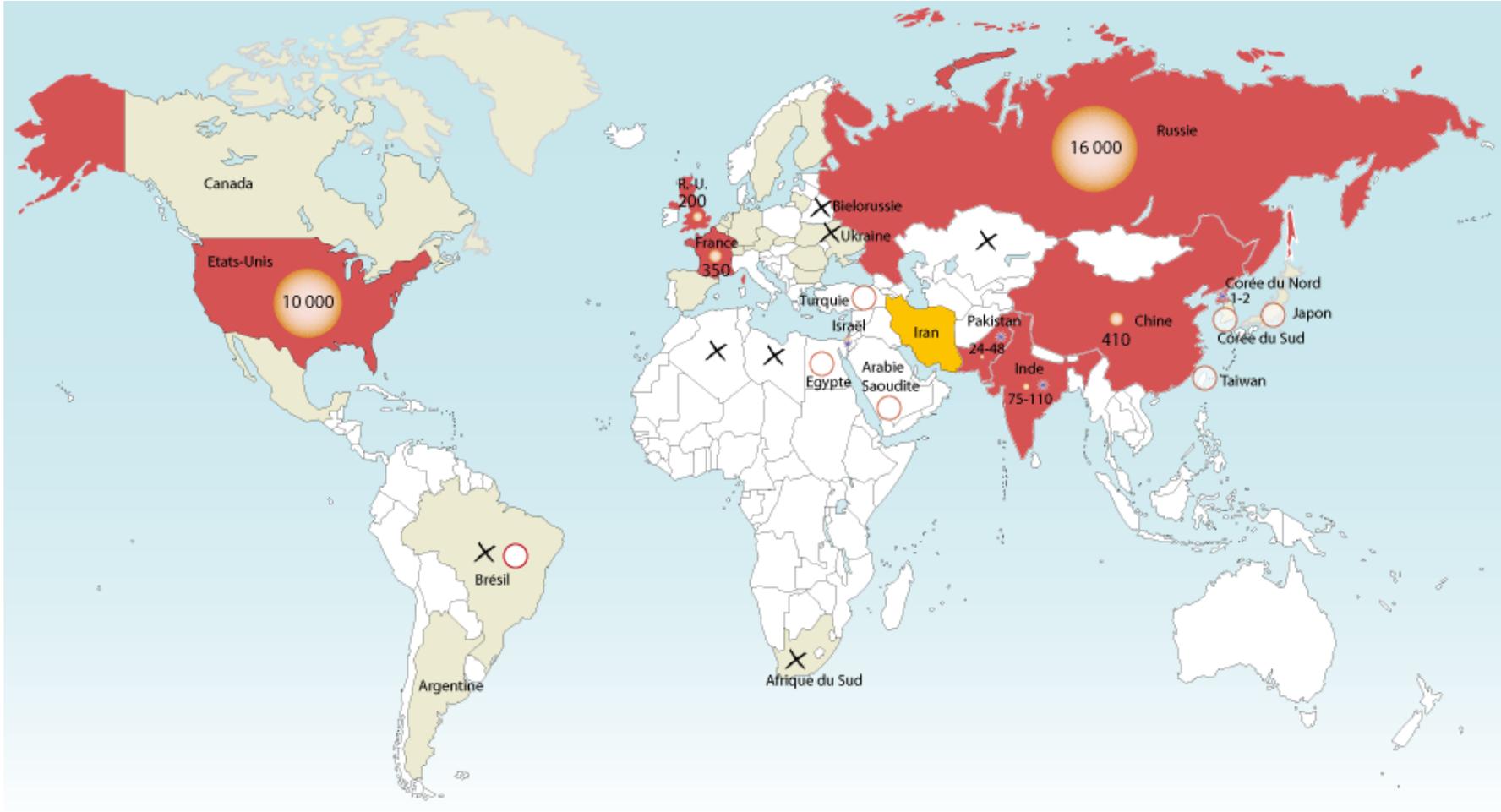
19 juin 1997 : L. Jospin décide de la fermeture de Superphenix

# Recyclage du combustible dans les réacteurs à eau

## Problématiques des combustibles usés :

- Cycles ouverts ou fermés ?
- Stockage longue durée, début des débats et projets de lois
- Etudes sur les capacités de recyclage (combustion du Pu)  
850 tonnes recyclés actuellement sur 1150 déchargés
- Recyclage de l'URT vers la Russie, problèmes des isotopes U4

**La politique "CARTER" : octobre 1977, pas de recyclage du Pu**  
International Nuclear Fuel Cycle Evaluation



- Pays détenteur de la bombe
- Pays détenteur de capacité de retraitement
- Pays susceptible de lancer des travaux de retraitement
- Pays souhaitant acquérir l'arme atomique
- ✕ Pays ayant renoncé à la recherche et fabrication d'armes nucléaires
- ★ Pays nucléaire non-signataire du TNP
- Nombre de têtes actives (estimations)

Sources : AIEA, Le Monde

## A Chain Reaction of Proliferation

"The Nuclear Express," a new book on the history of the atomic age, describes the interlocking web of influence and espionage behind the proliferation of nuclear technology.

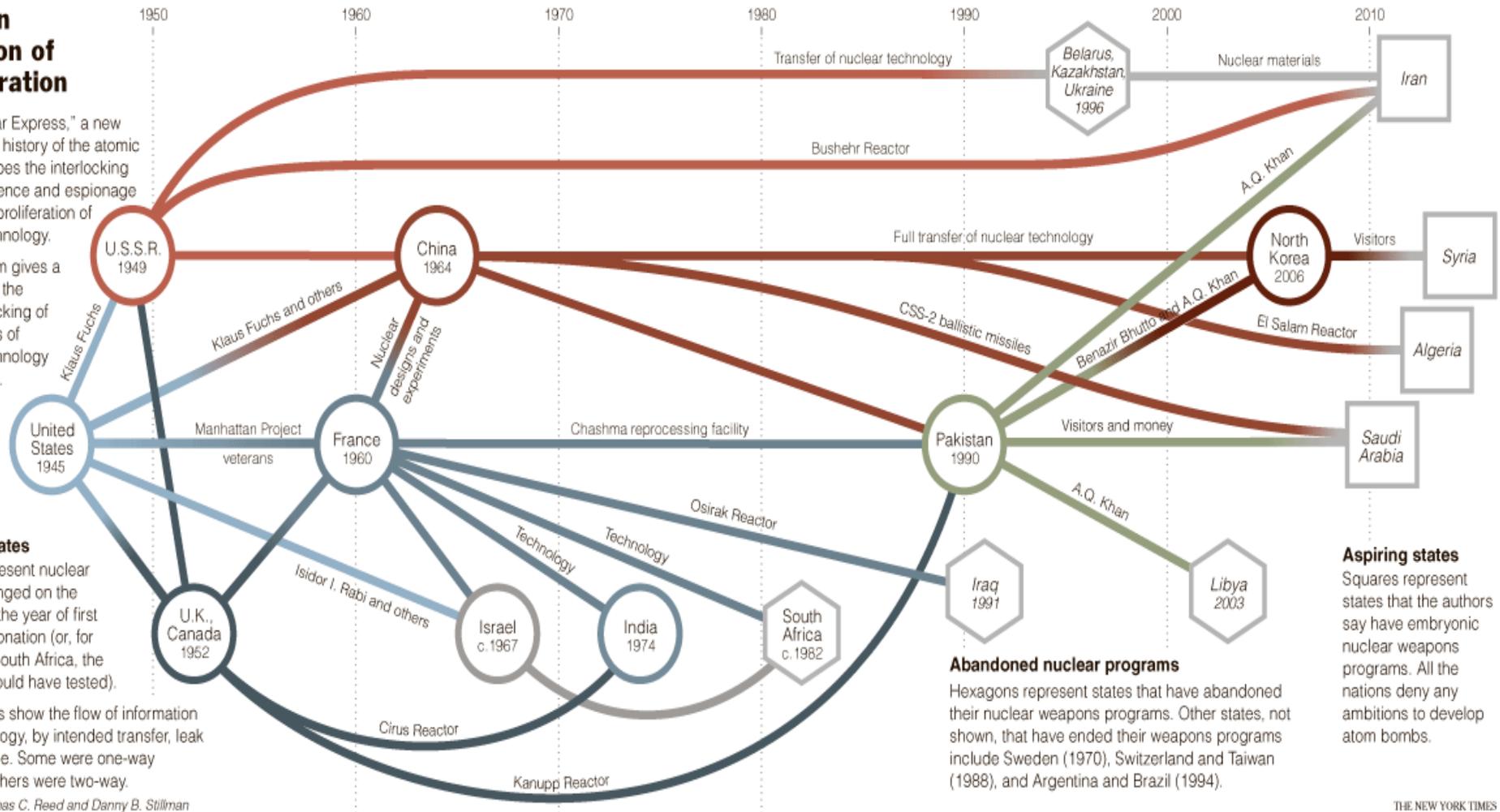
This diagram gives a summary of the authors' tracking of the transfers of nuclear technology and secrets.

### Nuclear states

Circles represent nuclear states, arranged on the timeline by the year of first nuclear detonation (or, for Israel and South Africa, the year they could have tested).

Connections show the flow of information and technology, by intended transfer, leak or espionage. Some were one-way transfers; others were two-way.

Sources: Thomas C. Reed and Danny B. Stillman



**Aspiring states**  
Squares represent states that the authors say have embryonic nuclear weapons programs. All the nations deny any ambitions to develop atom bombs.

**Abandoned nuclear programs**  
Hexagons represent states that have abandoned their nuclear weapons programs. Other states, not shown, that have ended their weapons programs include Sweden (1970), Switzerland and Taiwan (1988), and Argentina and Brazil (1994).

THE NEW YORK TIMES

## Les chemins de la prolifération

## Les autres filières de réacteur...

Abandon de la filière UNGG, conservé MAGNOX puis AGR en GB

Réacteurs à haute température (HTR) rendement et hydrogène

### **Filière RBMK développée en URSS**

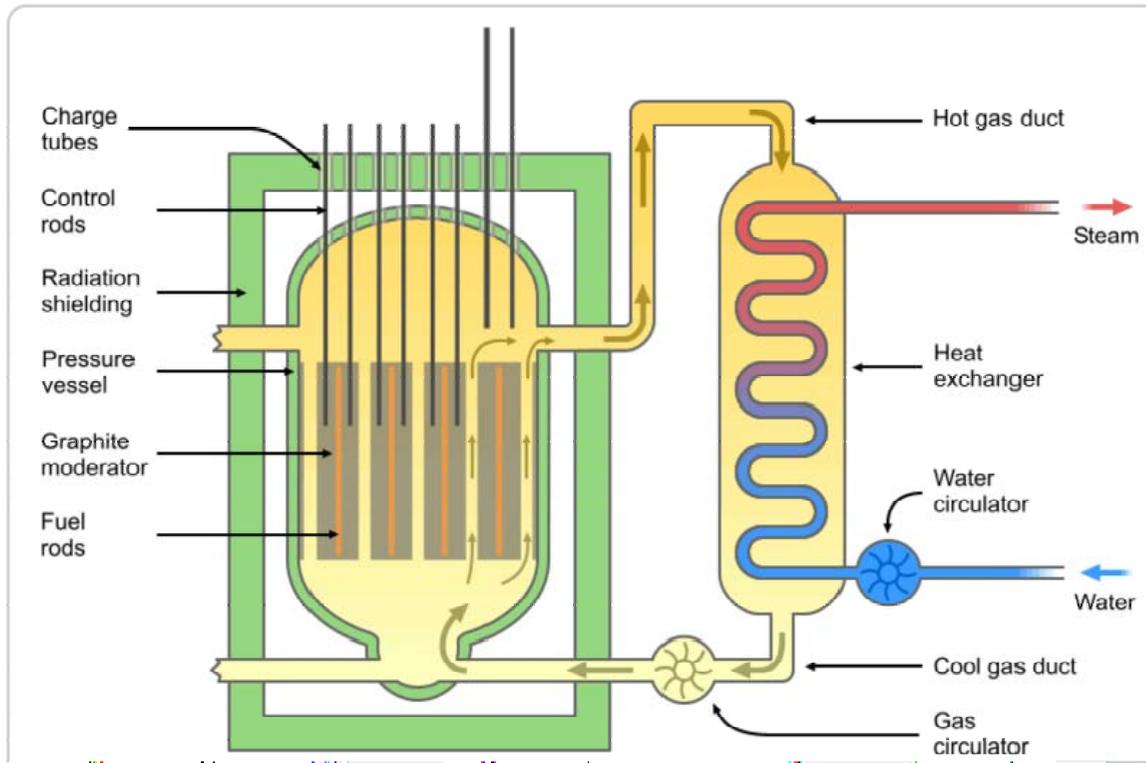
Reaktor Bolshoi Moshchnosti Kanalnye : bouillant (graphite)

### **Filière VVER russe développée à l'export (Inde, Iran)**

Vodo-Vodiano-Energetitcheckii Reaktor

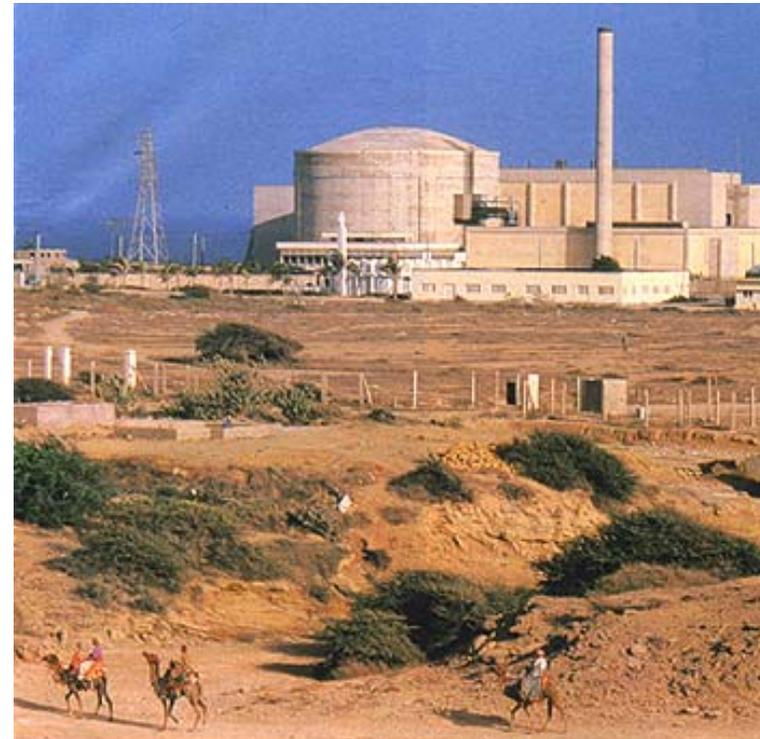
Développement de la filière CANDU à l'export

Développement de projets et recherche sur le Thorium et l'incinération des actinides dans les réacteurs



## MAGNOX en Corée du Nord





## Usine VVER en Iran... ou au Pakistan...

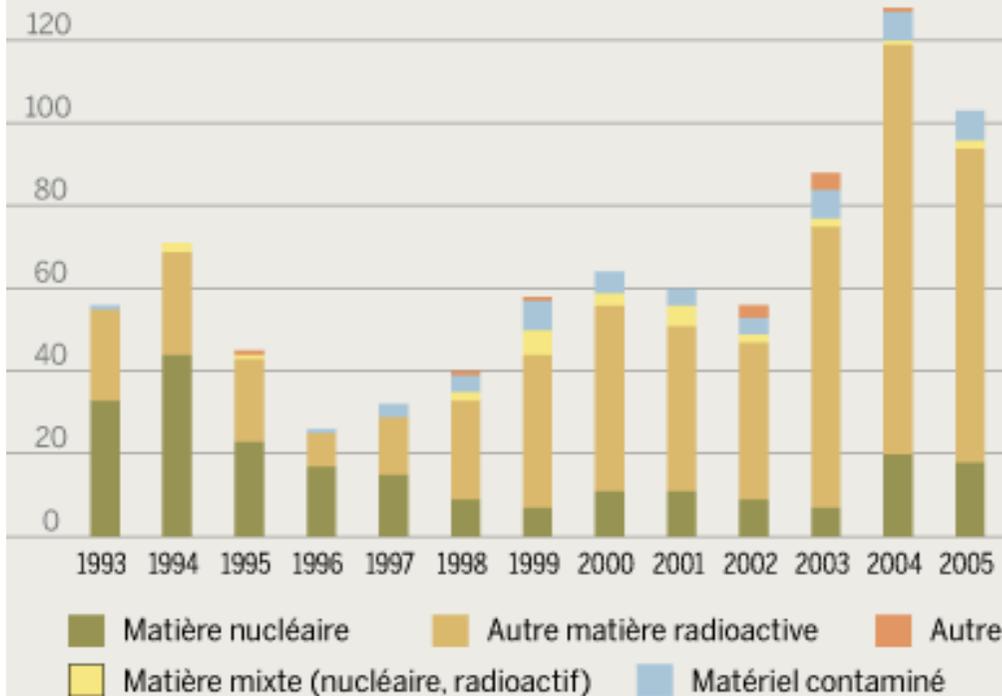
**Les unités électronucléaires en construction en 2005**  
**Nuclear power plants under construction on 2005**

PAYS Country	ABWR MWe	ABWR (Unités)	BWR MWe	BWR (Unités)	FBR MWe	FBR (Unités)	LWGR MWe	LWGR (Unités)	PHWR MWe	PHWR (Unités)	PWR MWe	PWR (Unités)	WWER MWe	WWER (Unités)	Total MWe	Total (Unités)
ARGENTINE									692	(1)					692	(1)
BULGARIE											1 906	(2)			1 906	(2)
CHINE											3 000	(3)			3 000	(3)
FINLANDE											1 600	(1)			1 600	(1)
INDE					470	(1)			1 298	(5)	1 834	(2)			3 602	(8)
IRAN											915	(1)			915	(1)
JAPON											866	(1)			866	(1)
PAKISTAN											300	(1)			300	(1)
ROUMANIE									655	(1)					655	(1)
RUSSIE							925	(1)					2 850	(3)	3 775	(4)
TAIWAN (CHINE)			2 600	(2)											2 600	(2)
UKRAINE													1 900	(2)	1 900	(2)
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>(0)</b>	<b>2 600</b>	<b>(2)</b>	<b>470</b>	<b>(1)</b>	<b>925</b>	<b>(1)</b>	<b>2 645</b>	<b>(7)</b>	<b>10 421</b>	<b>(11)</b>	<b>4 750</b>	<b>(5)</b>	<b>21 811</b>	<b>(27)</b>

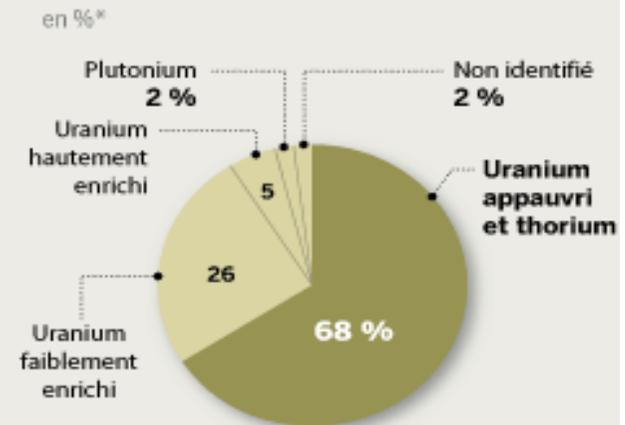
**Les projets EPR et autres ne sont pas portés sur ce tableau**

## Des « incidents » en augmentation

► NOMBRE DE CAS DE TRAFIC, POSSESSION ILLÉGALE, PERTE, MISE EN DÉCHARGE NON AUTORISÉE, 1993-2005



► DISTRIBUTION DES INCIDENTS CONCERNANT DES ÉLÉMENTS PROLIFÉRANTS, 1993-2005



\* Total supérieur à 100 %, car un incident peut concerner différents types de matériaux.

Le terme « nucléaire » désigne des éléments, tels que l'uranium et le plutonium, qui peuvent être détournés pour fabriquer des bombes. Le terme « radioactif » renvoie à des sources utilisées dans l'industrie et le secteur médical, a priori « non proliférantes ».

Source : AIEA Infographie Le Monde

## Tchernobyl : premier coup d'arrêt !

