

S. KHENNAS^[*]

Genèse de l'industrie électronucléaire et politique de développement

L'électronucléaire est un exemple classique de retombées, dans le domaine civil, de recherches orientées vers des objectifs strictement militaires. Au cours de cette phase de transition, le capital public va continuer à jouer un rôle moteur dans le processus de formation de l'industrie nucléaire.

Cette période de gestation, repérée à son début par la mise au point des premiers prototypes à la fin des années 1940 et à sa fin par la formation d'un marché mondial des centrales nucléaires à partir des années 1965, sera marquée par l'expérimentation de plusieurs filières technologiques. Le passage de la recherche développement à l'industrialisation va entraîner l'élimination de la plupart des filières pour des raisons techniques et/ou commerciales. Ce processus sera accompagné et complété par le transfert du secteur public au secteur privé^[1] des segments les plus rémunérateurs de la chaîne nucléaire et par une concentration du capital impulsée par les Etats nationaux et les firmes transnationales, d'origine américaine, les plus dynamiques.

Quant aux pays du Tiers-Monde, hormis le cas particulier de l'Inde le développement de l'électronucléaire est relativement récent ; les stratégies sont davantage focalisées sur les choix technologiques que la mise en place d'une industrie nucléaire qui n'est d'ailleurs accessible qu'aux pays les plus avancés du Tiers-Monde et circonscrite à la sous-traitance internationale.

1. Recherche-développement et filières technologiques

L'orientation de la recherche par les Pouvoirs Publics va déterminer les filières technologiques commercialisées pendant la phase de la maturation de l'industrie nucléaire. Celle-ci sera caractérisée par différentes filières technologiques dont le choix, selon les pays sera fonction de plusieurs paramètres notamment l'accumulation scientifique et technique, les objectifs stratégiques et les ressources financières.

Les Etats-Unis qui disposaient d'importantes quantités d'uranium enrichi, résultat de l'effort militaire, vont axer leurs recherches sur la conception de réacteurs utilisant ce type de combustible.

Des investissements considérables sont entrepris sous l'égide des

Pouvoirs Publics. De juin 1940 à juin 1955 plus de \$ 14 milliards sont

investis[2]. Un programme de démonstration de cinq réacteurs fut établi afin de tester différentes filières. Trois réacteurs furent conçus et construits par une institution publique (Atomic Energy Commission) et les deux autres prototypes par l'industrie privée dont Westinghouse qui construisit un réacteur à eau pressurisée qui équipait déjà les sous-marins nucléaires. Cette dernière filière (PWR) contrôlée par Westinghouse, va représenter à partir des années 1970, la part la plus importante de l'offre mondiale des centrales nucléaires.

Au Japon et en RFA, le champ de la R et D sera limité aux centrales nucléaires, l'industrie du cycle du combustible qui permet d'accéder au plutonium et à l'uranium fortement enrichi, matières premières essentielles pour la fabrication d'armes atomiques, leur était interdite. Ces deux pays, en amorçant très tôt une politique de coopération avec les Etats-Unis, vont épouser les choix technologiques des Etats-Unis. Cependant, aussi bien au Japon qu'en RFA, l'industrie privée, catalysée par une politique étatique favorable (subventions, protection du marché) va jouer un rôle plus dynamique que dans les autres pays.

La Grande-Bretagne et la France avaient des visées plutôt militaires et étaient donc davantage préoccupées par la production de plutonium. Comme le cycle à uranium enrichi était trop onéreux, ces deux pays vont concentrer leurs efforts autour de la filière à uranium naturel qui a l'avantage de fournir les quantités relativement importantes de plutonium. Dès 1956, EDF démarre son programme électronucléaire avec 3 réacteurs (Chinon I, II et III), utilisant la filière française uranium naturel-graphite gaz (UNGG). De son côté, la Grande-Bretagne va adopter une filière similaire (MAGNOX) puis dans une seconde étape la filière AGR (Advanced Gas Reactor) fondée sur les expériences de MAGNOX ; le gaz et le graphite sont toujours utilisés mais le combustible est de l'uranium enrichi à 2,5 % afin d'augmenter les rendements.

La Suède et le Canada, qui disposent d'importantes ressources en uranium naturel et qui n'ont aucun désir de se doter de l'arme atomique, vont opter pour une filière à uranium naturel mais modérée avec de l'eau lourde pressurisée (PHWR).

Si en Suède le choix initial concernait effectivement la filière à eau lourde (réacteur Agesta de 12 MW mis en service en 1963 et arrêté en 1973), par contre les centrales électronucléaires en fonctionnement ont été construites soit à partir de la filière suédoise BWR[3] soit à partir de licences Westinghouse. A la suite du référendum de mars 1980 le programme nucléaire suédois est bloqué[4], mais il est probable que, dans l'hypothèse d'une poursuite de ce programme, que la Suède aurait renoncé à sa propre filière, à cause de l'étroitesse du marché, au profit de celle de Westinghouse. Dans le cas du Canada, on peut parler d'une continuité et d'une longue maturation du programme nucléaire. Dès l'origine, ce pays s'est appuyé sur la filière à eau lourde en construisant en 1948 un réacteur de démonstration suivi d'un prototype en 1956. Ce développement relativement lent et tardif, (en 1984 le nombre de réacteurs en construction est supérieur à ceux qui sont en service), fut

mis à profit pour renforcer la fiabilité de la technologie et de l'industrie canadiennes et poursuivre ainsi une politique nucléaire autonome.

En URSS, comme aux Etats-Unis, les recherches ont commencé pendant la 2e Guerre mondiale pour aboutir en 1949 à la première explosion nucléaire grâce à un réacteur à uranium naturel[5]. Dans le domaine des applications pacifiques l'URSS reste le seul pays où deux filières fondamentalement différentes sont développées industriellement. Ceci s'explique par la nature planifiée de l'économie mais surtout par la dimension du marché.

2. Origine du capital et émergence des majors nucléaires

2.1. Bipolarisation technique et la formation des majors nucléaires

Les branches de la construction électrique et de la métallurgie constituent les activités principales pour la fabrication de centrales nucléaires. La métallurgie regroupe l'ensemble des industries intermédiaires qui participent à l'élaboration (sidérurgie, métaux non ferreux, laminage) à la première transformation (forge, fonderie) et au travail des métaux (usinage, mécanique robinetterie, tuyauterie).

La construction électrique réunit la construction électrique au sens strict, l'électronique, l'électromécanique et l'automatisme[6]. Aussi les grosses firmes électriques et/ou électromécaniques d'une part, de la métallurgie d'autre part, qui consacrent une part importante de leur chiffre d'affaires à la Recherche et Développement vont-elles être à l'origine de la formation de cette industrie (cf. tab. 1).

L'industrie nucléaire américaine va se structurer à partir de ces deux pôles mais avec une prédominance de Westinghouse et General Electric (G.E.) qui, outre le quasi monopole de la production de turbo-alternateurs, sont les principaux constructeurs de centrales thermiques classiques. Depuis le début du 20e siècle, la distribution du marché des centrales thermiques classiques entre G.E. et Westinghouse a très peu évolué et reste toujours dominée par G.E. qui contrôle en moyenne presque les 2/3 de la demande. Cette suprématie de G.E. dans l'industrie électromécanique américaine a pour origine un accord de partage conclu en 1910 où les partenaires s'engagent à conserver leurs parts respectives du marché. Cet accord favorable à G.E. matérialise l'avance technologique de cette firme. Dès 1896, G.E. et Westinghouse passent un accord de marché en matière de brevets et de technologies brevetées où l'apport de G.E. était de 62,5 % et celui de Westinghouse de 37,5 %[7]. Le nouveau créneau offert par l'industrie nucléaire allait permettre à Westinghouse d'instaurer un processus de répartition de la production et du marché en sa faveur tout en respectant les accords de 1910 sur le matériel conventionnel. Westinghouse va consacrer des dépenses importantes au développement d'une filière qui a déjà reçu une application dans le domaine de la propulsion navale[8]. L'offre des centrales nucléaires sera donc concentrée autour des électromécaniciens G.E. et Westinghouse, avec une part du marché plus

importante pour cette dernière à partir de 1971, et des métallurgistes Babcock & Wilcox et Combustion Engineering.

2.2. Sous-traitance internationale, concentration du capital et autonomisation technologique

Les deux majors nucléaires américains (Westinghouse et General Electric) vont élargir leur sphère de circulation aux autres pays occidentaux mais de façon différenciée.

Tableau n° 1 : Origine des constructeurs de centrales nucléaires

Origine du capital Firmes et pays	Construction électrique	Métallurgie
ETATS-UNIS : — Westinghouse G.E. — Babcock and Wilcox ; Combust. Eng.	+	+
FRANCE : — Creusot-Loire — C.G.E.	+	+
R.F.A. : — Siemens ; AEG.	+	
GRANDE-BRETAGNE : — General Electric Co ; (*) — Babcock and Wilcox (*)	+	+
JAPON : — Mitsubishi — Hitashi ; Toshiba	+	+
SUEDE : — ASEA	+	

(*) Ces deux firmes sont indépendantes de leurs homologues américaines.

Au Japon et en RFA, où la pénétration du capital est ancienne, la coopération nucléaire qui remonte aux années 1950 s'est concrétisée pour ces deux pays par un programme électronucléaire fondé sur la filière américaine à eau légère (PWR et BWR). Des accords de licence lient les grandes firmes japonaises de la construction électrique (Hitashi, Toshiba) et de la métallurgie (Mitsubishi) à Westinghouse et General Electric qui se partagent le marché nippon.

En Allemagne, même si l'industrie privée s'est intéressée aux réacteurs à eau lourde, les relations privilégiées de G.E. et Westinghouse avec AEG et Siemens respectivement vont imposer les technologies proposées par les firmes américaines. A partir des années 1970, ces deux firmes vont entamer un processus d'autonomisation technologique par la maîtrise de l'ingénierie par lequel s'exerce le pouvoir de contrôle. Ce mouvement va être marqué par le regroupement des deux filiales nucléaires d'AEG et de Siemens donnant ainsi naissance à la Kraftwerk Union (KWU).

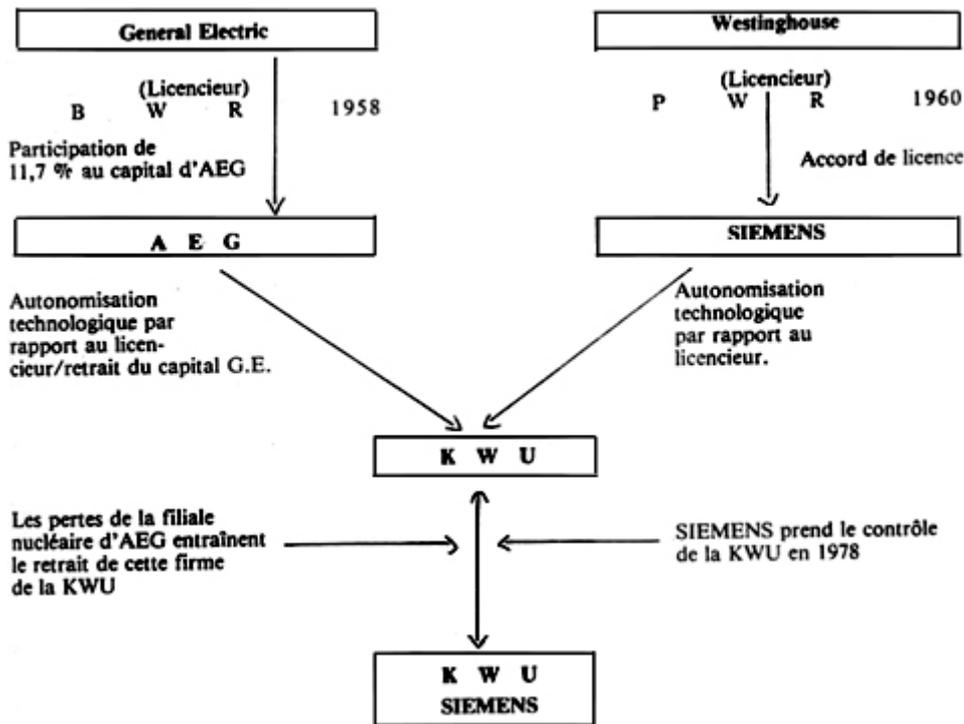
La formation de ce consortium entraîne le retrait de G.E. qui ne conserve qu'une participation de 3,7 %, le reste (8 %) a été cédé à la Dresdner

Bank en 1976. Ce processus de concentration va être accéléré car au sein du consortium les risques ne sont pas partagés, chaque firme conservant sa propre technologie. La faible part du marché interne et externe d'AEG [9] conduit à la prise de contrôle en 1978 de la KWU par Siemens après une procédure de retrait d'AEG entamée à partir d'avril 1974 (tableau 2).

La France va connaître un processus semblable mais légèrement décalé dans le temps du fait d'un développement initialement autonome du programme électronucléaire basé sur la filière UNGG. Jusqu'en 1967, hormis la centrale franco-belge de Chooz (270 MW, PWR) EDF a eu recours à la filière UNGG malgré la constitution de la FRAMATOME, où Creusot-Loire et Westinghouse détenaient à l'origine 51 % et 45 % du capital respectivement. La FRAMATOME, devant le développement rapide de l'électronucléaire dans le monde, va élargir sa sphère de circulation en imposant la filière américaine qui tend à devenir, sauf quelques exceptions (Angleterre, Canada), la norme mondiale.

Cette stratégie va se traduire par l'abandon officiel en 1969 par les Pouvoirs Publics de la filière UNGG et une concentration du capital autour des filières PWR de Westinghouse et BWR de GE et les 2 pôles industriels initiés par Creusot-Loire (métallurgie) et la Compagnie Générale d'électricité (électromécanique). Les Pouvoirs Publics en optant en 1975 pour les centrales PWR vont accélérer le processus de concentration au profit du groupe EMPAIN-SCHNEIDER et de sa filiale FRAMATOME qui monopolisent ainsi la construction de centrales nucléaires en France. Néanmoins le groupe CGE, par l'intermédiaire d'Alstom, conserve son activité dans la sous-traitance des turbo-alternateurs. Pour l'exportation FRAMATOME et ALSTHOM créent la FRAMATEG (FRAMATONE - ALSTHOM Entreprises Générales) qui est chargée de coordonner la livraison "clés en mains" des principales composantes des centrales nucléaires. Cette restructuration marque un renforcement du capitalisme monopoliste d'Etat avec une prise de participation de 30 % du CEA (au détriment de Westinghouse) au capital de la FRAMATOME. En 1981, le processus d'autonomisation technologique peut être considéré comme achevé après le rachat par Creusot-Loire de la participation de Westinghouse et l'établissement de nouveaux accords avec la firme américaine.

Tableau 2 : Schématisation du processus d'autonomisation technologique et de concentration du capital en RFA



2.3. Les politiques de développement autonome

Si l'on exclut la France avant l'abandon de la filière nationale, la Grande-Bretagne et le Canada, constituent les seuls espaces non contrôlés par les majors nucléaires américains et leur licenciés.

La Grande-Bretagne a été le premier pays à lancer au cours de la décennie 1955-1965 un programme massif de développement de l'électronucléaire à partir de filières technologiques conçues par l'UKAEA[10]. En 1965, la Grande-Bretagne disposait d'une capacité installée de 4046 MWe (24 réacteurs) contre seulement 1941 MWe (14 réacteurs pour les Etats-Unis). Des tensions dans l'approvisionnement charbonnier et pétrolier aggravées pour ce dernier par la crise de Suez, expliquent cette forte croissance. Au cours des années 1960, le bas prix de l'énergie dérivée des hydrocarbures entraîna un ralentissement sensible de ce programme, si bien qu'en 1974 la capacité installée en Grande-Bretagne n'atteignait que 6360 MWe (30 réacteurs) alors que celle des Etats-Unis était de 36.332 MWe pour 53 réacteurs.

La Grande-Bretagne, qui n'a pu se placer sur le marché international à cause de la forte concurrence américaine, va néanmoins poursuivre un développement technologique autonome (filières Magnox ensuite AGR) en s'appuyant sur la demande interne. Cependant, le débat est ouvert entre les tenants de l'autonomie technologique, en dépit des limites du marché, et ceux qui prônent l'adoption de la filière PWR de Westinghouse qui ouvrirait le marché international aux constructeurs britanniques. A ce titre, le Gouvernement britannique autorisera la construction à titre expérimental d'une centrale utilisant la filière PWR de Westinghouse mais n'a pas pris d'engagement sur la technique qui sera retenue pour les autres centrales à construire.

L'industrie électronucléaire britannique a connu comme dans les autres pays un processus de concentration du capital. Quatre consortiums participent au démarrage de l'industrie électronucléaire britannique en 1955, le triplement du programme en 1957 entraîne la formation d'un cinquième. A partir de 1968 la complexification technologique, que reflètent notamment l'augmentation de la tranche nucléaire moyenne et la diminution corrélative du marché, va accélérer le passage d'une structure oligopolistique de l'industrie nucléaire en duopole, puis, après 1975 en monopole dénommé Nuclear Power Company (NPC). Le capital de NPC est distribué entre l'UKAEA (35 %), la General Electric Co (30 %) et un groupement d'industriels (British Nuclear Associates : 35 %).

L'expérience canadienne est particulièrement intéressante, car elle est fondée sur une filière technologique très différente de celle des Majors et de leurs licenciés. De plus, une institution publique, l'Atomic Energy Canada Limited (AECL) continue à jouer un rôle prépondérant en étant détentrice de la conception des réacteurs et en se réservant le privilège de sélectionner les constructeurs lors de commandes passées par les compagnies locales d'électricité. Enfin, à la différence des autres pays (France, RFA et même la Grande-Bretagne) la continuité du programme technologique n'est pas remise en cause. Des ressources énergétiques hydrauliques et fossiles considérables ont permis un développement relativement lent mais méthodique et cohérent du programme électronucléaire canadien. Dès le départ, ce pays a opté pour la filière à eau lourde qui a l'avantage de mieux utiliser l'uranium et de présenter un cycle du combustible moins complexe que la filière à eau légère (PWR et BWR). Un premier réacteur expérimental fut construit en 1948 (Chall River) suivi d'un second en 1956 sur le même site. Mais le premier réacteur de puissance (Douglas Point 210 MW) ne fut mis en service qu'en 1968.

Jusqu'à présent la filière canadienne s'est révélée très fiable avec des facteurs de charge supérieurs à ceux de la filière à eau légère. Cependant, le nombre d'années-réacteurs cumulé de fonctionnement est encore insuffisant pour porter une appréciation définitive [\[11\]](#).

2.4. Le partage du marché

Tous les pays qui disposent d'une industrie nucléaire, qu'ils soient détenteurs de la technologie ou licenciés des majors nucléaires (G.E. ou Westinghouse), réalisent un fort pourcentage, de leurs ventes sur le marché interne. Le poids dominant de la demande interne publique n'est pas spécifique à l'industrie électronucléaire puisqu'il englobe l'ensemble du marché des biens d'équipement pour la production et la distribution électrique. "Les liens qui existent entre les compagnies d'électricité et les Etats nationaux favorisent dans tous les pays producteurs d'équipement l'apparition d'un marché national distinct pratiquement réservé aux producteurs nationaux" [\[12\]](#).

et externe dans 3 pays principaux [13]

	Commandes internes (A)	Commandes externes (B)	Total (C)	% (A/C)
— ETATS-UNIS (MW)	42.902	11.568	54.970	78
• Westinghouse				
• General Electr.	37.200	6.252	43.452	85
— FRANCE (unités)	41	7	48	65
• (Framatome)*				
— R.F.A.				
• (KWU) unité	21	11	33	63

* Y compris Super-Phenix commandé à Novatome.

Source : France et RFA ; REAL "Structures et performances de l'industrie nucléaire" in Revue d'économie industrielle n° 11 - 1er trimestre 1980. USA ; M. Grenon : "Pour une politique de l'énergie" p. 315, Edition Marabout.

Quant aux exportations mondiales de centrales nucléaires, elles sont contrôlées par les cinq firmes occidentales que nous avons identifiées (Westinghouse, G.E., KWu, Framatome et A.E.C.L.) et par la firme soviétique Technopromexport.

Tableau n° 4 : Exportations de réacteurs nucléaires [14]

Constructeurs	Réacteurs			Pays clients
	Nombre	Puissance MW	Type	
WESTINGHOUSE (USA) dont en service	39 (15)	24.326 (5.155)	PWR	Belgique, Brésil, Corée du Sud, Espagne, Italie, Japon, Philippines, Suède, Suisse, Taiwan, Yougoslavie
GENERAL ELECTRIC (USA) dont en service	23 (14)	12.909 (4.596)	BWR	RFA, Espagne, Inde, Italie, Japon, Mexique, Hollande, Suisse.
TECHNOPROMEXPORT (URSS) dont en service	37 (8)	16.331 (3.158)	VVER	RDA, Bulgarie, Finlande, Hongrie, Libye, Pologne, Tchécoslovaquie, Cuba.
K W U (West Germany) dont en service	8 (4)	7.253 (1.966)	PWR PHWR BWR	Argentine, Autriche, Brésil, Espagne, Hollande, Suisse.
A.E.C.L. (Canada) dont en service	7 (2)	3.278 (360)	PHWR	Argentine, Corée du Sud, Inde, Pakistan, Roumanie.
FRAMATOME (France)	2	1.914	PWR	Afrique du Sud.
INDUSTRIE FRANÇAISE	(1)	(500)	UNGG	Espagne.
INDUSTRIE BRITANNIQUE	(2)	(376)	AGR	Italie, Japon.
ASEA - ATOM (Suède)	2 (1)	1.382	BWR	Finlande.

Source : Pétroleum economist - Juin 1980.

Le marché est très cloisonné entre les pays à économie de marché et à économie planifiée. Dans les pays socialistes, les entreprises industrielles qui participent au programme électronucléaire sont regroupées au sein de l'organisme communautaire interatomergo qui en assure la coordination. Cependant l'URSS conserve le contrôle de l'industrie nucléaire en étant l'unique fournisseur de licences. Dans le cadre de la spécialisation au sein du COMECON la part des autres pays dans l'industrie nucléaire tend à croître. La Tchécoslovaquie, par exemple, va produire en série sous licence soviétique des réacteurs de 440 MW destinées à satisfaire non seulement sa demande interne mais

également une partie de celle des autres pays du CAEM. Au sein de cet espace, il convient de relever le cas particulier de la Roumanie qui a commandé deux tranches nucléaires à AECL (Canada). Cette politique énergétique relativement autonome doit être replacée dans le cadre plus large des rapports politiques et économiques qu'entretient la Roumanie avec les autres pays du CAEM et notamment l'URSS. En dehors du CAEM, l'URSS a déjà exporté deux tranches nucléaires en Finlande. Ce succès de l'URSS s'explique en grande partie par les rapports bilatéraux privilégiés soviéto-finlandais.

Dans les pays occidentaux on remarque, à travers le tableau 4, que les industries, britannique, suédoise et française (Framatome exclue) ont exporté cinq réacteurs nucléaires. Ces exportations sont en fait relativement anciennes et se situent dans la période qui a précédé l'émergence des deux majors nucléaires américains. Les exportations de la Grande-Bretagne réalisées par la Nuclear Power et la General Electric Co (GECO) remontent aux années 1958 (Italie) et 1960 (Japon), époque où le développement de l'énergie nucléaire était plus avancé qu'aux Etats-Unis. De son côté, la Suède a exporté en Finlande aux débuts des années 1970 deux réacteurs de la filière BWR conçus par la firme ASEA Atom. Enfin l'industrie française avant l'abandon de sa propre filière nationale Uranium Naturel - Graphite Gaz, avait vendu à l'Espagne en 1968 un réacteur de ce type.

Les exportations mondiales sont donc monopolisées par les cinq firmes précédemment citées mais avec une différenciation notable entre Westinghouse et GE d'une part et les autres firmes d'autre part. Les exportations de Westinghouse, de GE et de celles de l'ensemble des trois firmes (KWU, Framatome, AECL) représentent respectivement 35,2 %, 18,7 % et 18 % des exportations mondiales (pays socialistes compris).

KWU est la seule firme à avoir exporté des réacteurs appartenant à trois familles technologiques différentes. Le dynamisme et l'histoire de la formation de la KWU sont à l'origine de ce pluralisme technologique. En effet les deux firmes qui avaient constitué la KWU (Siemens et AEG) avaient conservé leurs technologies respectives.

La filière canadienne est la seule dont les exportations soient destinées exclusivement aux pays du Tiers-Monde et à un pays appartenant au CAEM. Le Canada a pu exploiter ce créneau en offrant des centrales d'une grande fiabilité technique des tailles davantage compatibles avec les réseaux de ces pays, et surtout une filière technologique présentant un cycle du combustible plus court et moins complexe que celui de l'eau légère. Le marché potentiel des pays du Tiers-Monde fait d'ailleurs l'objet d'une forte concurrence entre les principaux constructeurs à cause de la crise du nucléaire dans leur pays d'origine.

1.2. Choix technologiques dans les pays du Sud

Dans les pays du Tiers-Monde, la gestion du nucléaire relève de l'Etat et des institutions para-étatiques. Par ailleurs, les hautes barrières à l'entrée, techniques, technologiques, financières et politiques, expliquent

qu'en 1984 seulement huit pays avaient des centrales nucléaires de puissance en fonctionnement ou en construction. Quant au choix technologique, qui est fonction du partenaire, il sera largement déterminé par la nature des alliances politiques. C'est ainsi que les pays de l'Asie qui entretiennent des rapports politiques et économiques privilégiés avec les Etats-Unis (Corée du Sud, Taiwan, Philippines) vont opter pour la filière à eau légère et plus particulièrement le réacteur PWR de Westinghouse qui domine le marché mondial. Dans ces trois pays l'introduction de l'électronucléaire se limite à l'achat de centrales nucléaires et de combustibles aux majors américains ou marginalement à certains de leurs licenciés européens. La pénétration du nucléaire revêt un aspect essentiellement économique. La reproduction, qui n'est possible que dans le pays le plus avancé industriellement, la Corée du Sud, prend la forme de contrats de sous-traitance de la partie conventionnelle (les turbo-alternateurs) de la centrale nucléaire. La Corée du Sud qui est déjà exportatrice de biens d'équipement lourds a renforcé son potentiel productif en concentrant ses moyens de production autour d'un ensemble industriel. La Korean Heavy Industries Corporation (KHIC), spécialisé dans la fabrication des équipements pour les centrales électriques aussi bien classiques que nucléaires.

En Amérique Latine l'hégémonie américaine est davantage contestée car ce sous continent du fait de son poids économique, constitue un enjeu important pour l'impérialisme. Même si les capitaux américains restent dominants, la pénétration des autres pays occidentaux (RFA, France, Japon) tend à s'accélérer : au Brésil par exemple, la part relative des Etats-Unis dans le stock d'investissements étrangers est passé de 66 % en 1971 à 48 % en 1975 et au Mexique de 81 % en 1971 à 66 % en 1976^[15]. Ainsi on constate que le marché latino-américain des centrales nucléaires reste ouvert à la concurrence des principaux fournisseurs.

L'Argentine a opté pour la filière à eau lourde écartant par là même les constructeurs américains. Le premier réacteur a été fourni par AECL (Canada) alors que KWU (RFA) a remporté les autres contrats. La préférence donnée à la firme ouest-allemande est due à de meilleures conditions financières mais également, semble-t-il, à un contrôle moins rigoureux que celui exigé par l'AECL. Il en est de même pour le Brésil où le marché semble maintenant contrôlé par KWU alors que la première centrale nucléaire (Angras Dos Reis I, réacteur de 626 MW) a été commandé à Westinghouse en 1972 et n'a divergé qu'en mars 1982 après que le démarrage ait été plusieurs fois retardé à cause de problèmes techniques. Au Mexique, le processus est quelque peu similaire puisque deux tranches nucléaires étaient commandées à General Electric et devaient être mises en service en 1982 et 1983. Malgré ce succès initial de l'industrie des USA, le Mexique est encore l'objet, en dépit d'une dette externe très élevée, d'une concurrence très intense entre tous les constructeurs de centrales nucléaires.

Enfin, quant à la reproduction de l'outil, si l'on exclut le cas particulier de l'Inde, elle n'est accessible qu'aux pays les plus industrialisés (Brésil et Argentine notamment) et limitée à la sous-traitance d'équipements

conventionnels. Récemment ces deux pays, grâce à la coopération internationale se sont lancés dans la mise en place de segments du cycle du combustible.

Au sein du Tiers-Monde, le développement du nucléaire en Inde est le plus avancé et le plus ancien. L'histoire de ce programme nucléaire remonte aux années 1945 où l'Inde a lancé une politique de R et D. Cette phase, qui s'est poursuivie jusqu'en 1960, s'est concrétisée par la mise en place et la consolidation des structures institutionnelles et scientifiques. A partir de cette accumulation essentiellement fondamentale, l'Inde, dans le cadre d'un programme conjoint avec le Canada, s'est engagée dans la construction d'un réacteur, à eau lourde (Cirus) de 40 MW. Grâce à son propre potentiel scientifique et technique, l'Inde a su bénéficier d'un réel transfert de technologies nucléaires qui a également été mis à profit pour les usages non civils (explosion atomique souterraine en 1974) entraînant ainsi un arrêt de la coopération avec les pays du Nord et plus particulièrement le Canada. (Schéma ci-dessous).

Principales étapes du développement de l'énergie atomique en Inde

1945 : Institut Tata de la recherche fondamentale en mathématiques et en sciences nucléaires.

1948 : Commission de l'Energie Atomique.

1956 : Centre de recherches atomiques à Bombay.

1960 : Programme conjoint avec le Canada pour la construction d'un réacteur à eau lourde.

1974 : Explosion atomique souterraine et réduction de la coopération avec le Nord, essentiellement le Canada.

Dans le domaine de l'utilisation de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité, les deux premiers réacteurs ont été commandés à General Electric et mis en service en 1967 et 1968. Mais très rapidement, l'Inde s'est orientée vers la filière à eau lourde qui présente un cycle du combustible plus simple que les réacteurs à eau légère. Sur le plan industriel, hormis les importations de technologie, l'Inde produit la plus grande partie des composants de la centrale nucléaire. C'est ainsi que pour les centrales à eau lourde, une firme publique BHARAT HEAVY ELECTRICAL (turbo-alternateurs), une firme privée LARSEN et TOUBRO (Réacteur) et une institution publique, le Département de l'Energie Atomique (architecture industrielle) ont assuré la majeure partie des fournitures. Une nouvelle étape semble être franchie puisque ce pays serait en mesure de produire sa propre technologie. La cinquième centrale nucléaire (4X235 MW) qui doit être localisée à KAPRAKAR (Etat de GUJARAT) sera conçue par des scientifiques indiens. Le Département de l'Energie Atomique fournirait le combustible. Enfin, l'Inde s'est engagée dans la filière des surgénérateurs car ses ressources internes d'uranium ne permettent pas

de soutenir un programme nucléaire important, à long terme, et surtout parce que ce pays dispose de réserves considérables de thorium dont la valorisation n'est guère possible par le biais des filières nucléaires classiques (centrales à eau lourde ou centrales à eau légère). La pénétration de l'Energie nucléaire en Inde doit être cependant relativisée. En effet, malgré une maîtrise réelle de la technologie nucléaire, le programme nucléaire indien accuse un retard et une dérive des coûts importants. Des facteurs technico-économiques (coût élevé du KW installé, fréquence des pannes, adaptation au réseau...) politiques (refus du gouvernement américain de livrer l'uranium enrichi) et stratégiques (volonté de maîtriser l'ensemble du cycle du combustible) expliquent ces retards. En 1980, l'électonucléaire ne représentait que 2 % des capacités installées estimées à 29000 MW ; l'outil de production comprend essentiellement des centrales hydroélectriques (48 %) et thermiques au charbon (50 %).

Conclusion

Si l'utilisation de l'énergie nucléaire s'est quelque peu banalisée, l'industrie de l'équipement énergétique traverse une crise profonde marquée par une diminution considérable de la demande de centrales nucléaires dans la quasi totalité des pays capitalistes industrialisés. L'élargissement de l'énergie nucléaire à de nouveaux entrants, notamment parmi les pays du Tiers-Monde, suppose le développement de technologies plus adaptées aux possibilités de ces pays. L'intérêt que portent tous les constructeurs à ce marché potentiel et l'effort de recherche et développement qu'ils mènent dans ce sens laissent penser à une plus grande internationalisation de l'énergie nucléaire à moyen et long termes. Dans les pays industrialisés eux-mêmes, les mutations technologiques seront indispensables car la génération des centrales nucléaires actuellement commercialisées se heurte à des contraintes subjectives mais surtout objectives.

Annexe I. Définition des filières

Les réacteurs sont caractérisés par trois paramètres fondamentaux :

- le combustible choisi : uranium naturel ou enrichi, plutonium.
- le modérateur : son rôle est de ralentir les neutrons afin de favoriser les fissions.
- le réfrigérant ou fluide caloporteur : gaz carbonique, eau légère, eau lourde...

Chacune des diverses combinaisons possibles de ces paramètres constitue une filière.

Il est d'usage de désigner les filières par leurs sigles qui se réfèrent dans l'ordre, au combustible, au modérateur et au fluide caloporteur.

- UNGG (France) : Uranium Naturel - Graphite - Gaz.
- PHWR : (CANDU pour la variante canadienne) : Uranium naturel - eau lourde - eau pressurisée.
- AGR (Grande-Bretagne) Advanced Gas reactor : Uranium enrichi - graphite - gaz.
- PWR (Westinghouse) et VVER (URSS) : Uranium enrichi - eau ordinaire - eau ordinaire pressurisée.
- BWR (General Electric...) Uranium enrichi - eau ordinaire - eau ordinaire bouillante.

Ces deux dernières filières sont également appelées réacteurs à eau légère ou LWR d'après leurs initiales anglaises.

- RBMK (URSS) : Uranium enrichi - graphite - eau ordinaire bouillante.
- Surgénérateur ou surrégénérateur ou FBR : (Fast Breeder Reactor) : Uranium très enrichi ou plutonium, pas de modérateur - sodium.

Les surgénérateurs sont également appelés filières à neutrons rapides car ces derniers ne sont pas ralentis du fait de l'absence de modérateur.

Annexe II. Les réacteurs exportés (Maurice Gouttenègre EDF)

NB : Les chiffres expriment la puissance
Les chiffres entre parenthèses : le nombre d'unité

Pays importateurs	Filière (a)	Fournisseurs des réacteurs nucléaires exportés	Puissance	dont : réacteurs en service
Allemagne-RDA	VVER	Technopram-export (URSS)	5.360 (13)	1.400 (4)
Allemagne-RFA	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	267 (2)	267 (2)
Argentine	PHWR	KWU (RFA)	1.067 (2)	367 (1)
	PHWR	AECL (Canada)	649 (1)	
Autriche	BWR	KWU (RFA)	724 (1)	Référendum refusant la mise en service
Belgique	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	12 (1)	12 (1)
Brésil (b)	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	657 (1)	
	PWR	KWU (RFA)	2.650 (2)	
Bulgarie	VVER	Technopram-export (URSS)	1.760 (4)	880 (2)
Chine (Taiwan)	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	3.244 (4)	1.272 (2)
	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	1.900 (2)	
Corée du Sud	PHWR	AECL (Canada)	679 (1)	
	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	3.105 (4)	595 (1)
Cuba	VVER	Technopram-export (URSS)	880 (2)	595 (1)
Espagne	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	4.353 (5)	460 (1)
	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	10.870 (12)	160 (1)
	PWR	KWU (RFA)	2.073 (2)	
	UNGG	Industrie Française	500 (1)	500 (1)
Finlande	BWR	ASEA-ATOM (Suède)	1.382 (2)	692 (1)
	VVER	Technopram-export (URSS)	1.905 (3)	465 (1)
Hongrie	VVER	Technopram-export (URSS)	1.760 (4)	
Inde	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	420 (2)	420 (1)
	PHWR	AECL (Canada)	440 (2)	220 (1)
Italie	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	160 (1)	160 (1)
	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	270 (1)	270 (1)
	UNGG	Industrie Britannique	210 (1)	210 (1)
Japon	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	2.726 (5)	1.626 (4)
	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	2.690 (3)	2.690 (3)
	UNGG	Industrie Britannique	166 (1)	166 (1)
Libye	VVER	Technopram-export (URSS)	320 (1)	
Mexique	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	1.338 (2)	
Pakistan	PHWR	AECL (Canada)	140 (1)	140 (1)
Pays-Bas	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	55 (1)	55 (1)
	PWR	KWU (RFA)	469 (1)	469 (1)
Philippines	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	650 (1)	
Pologne	VVER	Technopram-export (URSS)	880 (2)	
Rép. Sud Africaine	PWR	Framatome (France)	1.914 (2)	
Roumanie	PHWR	AECL (Canada)	1.370 (2)	
Suède	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	2.780 (3)	860 (1)
Suisse	BWR	Général Elect. (Etats-Unis)	336 (1)	336 (1)
	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	728 (2)	728 (2)
	PWR	KWU (RFA)	970 (1)	970 (1)
Tchécoslovaquie	VVER	Technopram-export (URSS)	3.446 (8)	413 (1)
Yougoslavie	PWR	Westinghouse (Etats-Unis)	664 (1)	

Notes

[*] Chercheur au CREA.

[1] En 1946 est voté aux Etats-Unis, l'"Atomic Energy Act" qui a pour objet le transfert de la technologie nucléaire du secteur militaire au secteur civil.

[2] M. GRENON : "Pour une politique de l'énergie" - p. 308. Ed. Marabout - 349 p. - 1972.

[3] Dès 1947, le Gouvernement suédois intervient par le biais d'Ab Atom Energi, société par actions, pour l'édification d'une industrie nucléaire autonome.

[4] La Suède limitera son parc nucléaire aux centrales en service (6) et celles en construction (6 dont 4 pratiquement achevées).

[5] En 1953, un an après les Etats-Unis, l'URSS procède à l'explosion d'une bombe thermonucléaire.

[6] Cf. B. REAL : Structures et performances de l'industrie nucléaire. Une comparaison France - RFA in Revue d'Economie Industrielle n° 11 – 1er trimestre 1980.

[7] On pourra se reporter à R. S. NEWFARMER : "la position dominante des sociétés transnationales sur le marché international". Monographie sur l'industrie électrique. UNCTAD/ST/MD/13. 1978.

J. BLANC "Les biens d'équipement électrique dans les pays capitalistes industrialisés" tab. p. 60 : Origine et internationalisation des grandes firmes électromécaniques". CREA - Avril 1980.

[8] Un réacteur de 51 MWe a été mis en service à Karlsruhe en 1966, un second de 106 MWe a commencé à fonctionner en 1972 pour être arrêté en 1974. Ces deux réacteurs ont été construits par Siemens. Un réacteur de ce type a été vendu à l'Argentine en 1967 et mis en service en 1974.

[9] AEG Telefunken n'a pas distribué de dividendes depuis 1974. Ses pertes sont en grande partie imputables à sa filiale nucléaire. "La perte en raison de commandes pour centrales et réacteurs nucléaires s'élève à un total de 1,7 milliard DM." Source : Rapport annuel AEG. 1978.

[10] UKAEA : (United Kingdom Atomic Energy Authority) est une institution publique.

[11] En 1978, le facteur de charge moyen de la filière canadienne (PHOUR) était de 75,4 % pour 9 centrales alors qu'il n'atteignait que :

67,8 % pour les PWR (63 centrales)

60,3 % pour les BWR (43 centrales)

61,9 % pour les GCR (26 centrales)

Source : World Wide nuclear plant performance. Lessons for technology policy by J. SURREY and S. THOMAS University of Sussex - january 1980 - 38 p.

[12] Cf. J. BLANC : "Biens d'équipement électrique dans les pays capitalistes industrialisés p. 68 et suivantes CREA. Avril 1980.

[13] Pour la France et la RFA, il s'agit de commandes cumulées, réalisées ou en voie de réalisation au 1/1979. Les statistiques pour W. et G.E. concernent les années 1966 jusqu'à fin décembre 1971. Si l'on prenait en considération les deux autres constructeurs américains (Babcock & Wilcox et Combustion Engineering) le pourcentage des commandes internes serait encore plus élevé.

[14] Ces statistiques établies au 1.1.1980 restent valables pour l'année 1984 puisque les exportations entre ces deux dates ont été extrêmement faibles (notamment 2 réacteurs de 900 MW commandés par la Corée du Sud à la Framatome).

[15] ONU : Transnational Corporations in World Development re-examined - 1980.

