

LE PROGRAMME NUCLEAIRE FRANCAIS

par

Jean CABANIUS

ELECTRICITE DE FRANCE

Jules HOROWITZ

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

Rapport C E A - R 2697

Genève 1964, A Conf. 28/P/ 31

CEA-R 2697 - CABANIUS Jean, HOROWITZ Jules

LE PROGRAMME NUCLEAIRE FRANCAIS.

Sommaire. - Les perspectives d'évolution de la consommation d'énergie électrique française confirment l'aggravation du déficit des ressources énergétiques métropolitaines.

Les centrales nucléaires doivent permettre de diminuer ce déficit si un certain nombre d'incertitudes actuelles sont levées.

Le premier programme présenté par MM. AILLERET et TARANGER à la Conférence de Genève en 1955 visait la mise en service pour 1965 de 850 MWe ; il a été consacré au développement de la filière uranium naturel - graphite - gaz et s'achève avec la réalisation d'EDF 3, première unité capable de 500 MWe engagée dans le monde.

Avant de passer du stade des prototypes à celui des duplications, ELECTRICITE DE FRANCE a décidé, en accord avec le COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, la réalisation d'EDF 4 qui, en reprenant la partie réacteur d'EDF 3 ainsi que l'appareil de chargement et de déchargement, l'ensemble de contrôle et divers matériels, apporte une innovation importante en incorporant les échangeurs et les soufflantes à l'intérieur du

./.

CEA-R 2697 - CABANIUS Jean, HOROWITZ Jules

FRANCE'S NUCLEAR POWER PROGRAMME.

Summary. - The prospects of development of France's consumption of electricity will widen the deficit of her national energy resources.

Nuclear power stations should enable this deficit to be reduced, provided a certain number of uncertainties prevailing today are resolved.

The first programme, put forward by Messrs. AILLERET and TARANGER at the 1955 Geneva Conference aimed at commissioning 850 MWe by 1965 ; the programme was devoted to developing the natural uranium-graphite-gas sequence and reaches its completion with the construction of EDF 3, the world's first unit capable of 500 MWe.

Before changing over from the prototype stage to their duplication, ELECTRICITE DE FRANCE decided, in agreement with the COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE to build EDF 4, which, while reproducing EDF 3's reactor, together with the refueling equipment, the entire control equipment and various other systems, pioneers an important innovation by incorporating the heat exchangers and fans inside the prestressed concrete pressure-vessel housing the core.

./.

caisson en béton précontraint contenant le cœur.

En même temps, les études se poursuivent dans cette même filière et laissent entrevoir les possibilités d'utiliser un nouvel élément combustible annulaire dont l'emploi améliorerait notablement les performances d'EDF 5.

Dans la filière eau lourde, la réalisation d'EL 4 à Brennilis par le COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et ELECTRICITE DE FRANCE se poursuit. Les études d'un réacteur de 500 MWe de cette filière ont déjà commencé.

Dans la filière à eau pressurisée, la centrale de CHOOZ est réalisée en association par ELECTRICITE DE FRANCE et les Producteurs Belges.

Enfin, le COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE poursuit à Cadarache la réalisation du surgénérateur "Rapsodie" et les études d'un réacteur de puissance plus important.

Ainsi, les connaissances techniques et économiques acquises dans ces diverses filières permettent d'envisager un programme d'équipement qui donnera aux centrales nucléaires une place de plus en plus importante en utilisant au mieux les ressources nationales d'uranium naturel et plus tard de plutonium.

1964

12 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

At the same time, studies are being carried on on the same type of reactor enabling possible use of a new annular-shaped fuel element, whose use would considerably improve the performance of EDF 5, to be envisaged.

On the heavy water side, the construction of EL 4 at Brennilis jointly by the COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE and ELECTRICITE DE FRANCE is continuing. Design work on a 500 MWe reactor of this type has already started.

As regards pressurized water reactors, the CHOOZ power station is built jointly by ELECTRICITE DE FRANCE and Belgian Utilities.

Finally, the COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE is continuing the construction of the "Rapsodie" rapid neutron reactor at Cadarache, together with studies on a larger power reactor.

It may thus be seen that the technical and economic knowledge gained on these various types of reactor mean that an equipment program may be contemplated which will endow nuclear power stations with a place of ever-increasing importance, by using the country's resources of natural uranium, and later plutonium, to the best ends.

1964

12 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

Les rapports du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE sont, à partir du n° 2200, en vente à la Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.

The C.E.A. reports starting with n° 2200 are available at the Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.

LE PROGRAMME NUCLEAIRE FRANCAIS

par

Jean CABANIUS

Electricité de France

et

Jules HOROWITZ

Commissariat à l'Energie Atomique

Le programme nucléaire français est conditionné par des données permanentes qui, au delà des aléas de la conjoncture, déterminent la politique énergétique à long terme. Ce sont : l'augmentation régulière de la consommation d'énergie électrique, la limitation des possibilités hydroélectriques et la limitation des ressources du sol national en charbon, lignite, pétrole et gaz naturel.

Dès 1955, il était évident que l'augmentation inéluctable et relativement très rapide des besoins en calories pour la production d'énergie électrique imposerait à très court terme des importations régulièrement croissantes. A la même époque, il était possible d'envisager la construction de centrales électro-nucléaires à partir des réalisations industrielles du Commissariat à l'Energie Atomique : mise en service en 1952 du premier réacteur expérimental refroidi au gaz sous pression, EL. 2, et construction des réacteurs plutonigènes de Marcoule, refroidis au gaz et modérés au graphite, G. 1, G. 2 et G. 3, à laquelle Electricité de France fut associée pour les installations de production d'électricité.

Electricité de France prit alors position sur un programme nucléaire de 850 MWel (y compris G. 2 et G. 3) dont l'achèvement était envisagé pour 1966 -1967 et qui était susceptible de fournir à cette date environ 5 % de la production nationale totale. Cette fraction était suffisamment importante pour que l'expérience acquise puisse être considérée comme significative ; elle n'était pas trop élevée pour éviter une augmentation notable du volume des investissements annuels et une dégradation

trop sensible du compte d'exploitation, compte tenu des coûts de premier établissement et des prix de revient finaux que l'on pouvait évaluer alors.

Des décisions ultérieures, prises notamment à l'occasion du 4ème Plan de Modernisation, portèrent à 7,5 % ou 8 % en 1970 - 1971 la part de l'énergie nucléaire dans la production nationale, le but essentiel du programme restant celui qui avait été défini dès l'origine et rappelé par MM. AILLERET et TARANGER à la Conférence de Genève 1955, à savoir la mise au point aussi rapide que possible d'un modèle de centrale nucléaire compétitif avec les centrales thermiques classiques, tout en conservant la préférence initiale vers les réacteurs à uranium naturel. Le développement des études n'a fait que confirmer l'intérêt de l'utilisation de l'uranium naturel, dû non seulement à la multiplicité des sources d'approvisionnement et aux avantages qui en résultent, mais aussi à la simplicité de son cycle de combustible qui n'exige que des investissements modérés, des installations peu complexes et dont l'économie ne comporte que très peu de facteurs d'incertitude.

L'objet de cette communication est d'abord de rappeler les prévisions de consommation d'électricité en France dans les vingt prochaines années, de faire ensuite le point sur l'état d'avancement actuel du programme français de centrales nucléaires et d'indiquer enfin ses perspectives de développement à court et moyen terme.

1° - EVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE EN FRANCE

Le bilan ci-dessous a été établi à partir des hypothèses de travail de base considérées dans les études préliminaires de la Commission de l'Energie du Commissariat au Plan :

- L'augmentation de la consommation totale d'énergie électrique serait de 7,2 % par an, en tenant compte de l'évolution probable de la population et de celle de la production intérieure brute.

- Le développement de l'hydraulique se poursuivrait au rythme actuel jusqu'à épuisement à peu près total des sites actuellement considérés comme rentables.

Le thermique "fatal" correspond à la production des charbonnages de France, de la sidérurgie et des tiers, et à la production d'Electricité de France à partir des combustibles pauvres - lignite, gaz de hauts fourneaux - et du gaz de Lacq.

L'"autre thermique" correspond à la production à partir de combustibles riches - charbon marchand, fuel ou gaz naturel importé - et au nucléaire. (voir Tableau I ci-après).

TABLEAU I

T w h	1965	1970	1975	1985
Consommations (pertes comprises)	103	150	205	410
Importations nettes	2	2	1	0
Hydraulique	43,5	51	59	70
Thermique	57,5	97	145	340
Thermique "fatal"	26,1	28,4	29	30
"Autre thermique"	31,4	68,6	116	310

En ce qui concerne la puissance installée, le bilan est moins simple à établir. Le tableau précédent correspond sensiblement à un accroissement de la puissance mise en service en thermique de 6 900 MW entre 1965 et 1970, 10 000 MW entre 1970 et 1975 et de 35 000 MW entre 1975 et 1985. Il est rappelé que les décisions concernant ces équipements sont généralement prises 5 ans en avance.

Le tableau II résume la comparaison des besoins en énergie et des ressources nationales, sans tenir compte du nucléaire.

TABLEAU II

(en tonnes d'équivalent charbon)	1960	1965	1970	1985
A. Consommation totale d'énergie	130	160	190	330
B. Ressources nationales				
Charbon 1)	58,2	55,3	50	30 - 40 (?)
Pétrole	2,8	4,0))
Gaz naturel	4,2	7,8)17)25 - 40 (?)
Hydraulique	16,1	17,4	20,5	30
Total B.	81,3	84,5	87,5	85-110
Rapport B. / A.	62,5 %	53 %	46 %	26 à 33 %

1) Y compris lignite E. D. F.

Il résulte des tendances indiquées dans ce tableau, d'une part, qu'il s'ouvre un champ très vaste aux centrales nucléaires en raison du développement probable de la demande d'électricité et des possibilités limitées de l'hydraulique et, d'autre part, que l'introduction de l'énergie nucléaire pourrait avoir une influence très importante sur le taux de couverture des besoins en énergie par les ressources nationales.

2° - LE DEVELOPPEMENT DES CENTRALES NUCLEAIRES EN FRANCE

a) Rappel du programme en cours

Les réalisations actuellement en service ou en construction sont reportées dans le tableau III.

b) La filière uranium naturel - graphite - gaz carbonique

Le programme français est essentiellement axé sur le développement en priorité des réacteurs à uranium naturel modérés au graphite et refroidis au gaz carbonique. Avec les réacteurs G.2 et G.3, respectivement en service depuis Avril 1959 et Avril 1960, la France dispose d'une expérience précieuse du fonctionnement de réacteurs de ce type. Cette expérience peut être considérée comme extrêmement satisfaisante, après quelques difficultés initiales de mise au point, tant pour la disponibilité générale de la centrale et le comportement du combustible que pour le fonctionnement des équipements dont certains étaient mis en oeuvre pour la première fois au monde : caisson en béton précontraint, installations de chargement - déchargement du combustible fonctionnant réacteur en marche.

Le programme d'Electricité de France, qui bénéficie de la collaboration technique du C.E.A., comprend actuellement la réalisation des 3 tranches de la Centrale de Chinon et de la première tranche de la Centrale de St Laurent des Eaux. Ces quatre centrales représentent un montant total de dépenses de 1 900 millions de francs, formant l'essentiel du programme nucléaire d'E. D. F.

TABLEAU III

NOM	G. 2	G. 3	EDF. 1	EDF. 2	EDF. 3	SENA	EL. 4	EDF. 4
Emplacement	Marcoule	Marcoule	Chinon	Chinon	Chinon	Chooz	Brennilis	St Laurent des Eaux
Date de mise en service 1)	1959	1960	1963	1965	1966	1966	1967	1968
Type : Combustible Modérateur Refroidisseur	U nat. Graphite CO ₂	U nat. Graphite CO ₂	U nat. Graphite CO ₂	U nat. Graphite CO ₂	U nat. Graphite CO ₂	U enr. H ₂ O H ₂ O	²⁾ U nat. D ₂ O CO ₂	U nat. Graphite CO ₂
Puissance électrique nette (MW)	40	40	70	200	480 ³⁾	266 ⁴⁾	75	480

1) Date de couplage au réseau électrique

2) Le premier jeu sera en uranium légèrement enrichi

3)

Puissance correspondant à la saturation des groupes

4) A moitié avec des producteurs belges d'électricité.

D'un réacteur au suivant, le développement général a été dans le sens de l'économie, de la simplification et de la sécurité. Cependant dans le même temps on a voulu, dans la mesure du possible, explorer des solutions techniques différentes ; en particulier en ce qui concerne le caisson, une solution "acier" a été adoptée pour EDF 1 et EDF 2 et a d'ailleurs conduit, après quelques difficultés, à des réalisations qui comptent parmi les plus remarquables dans ce domaine. G. 2, G. 3, EDF 3 et EDF 4 ont au contraire des caissons en béton précontraint, solution qui présente plus de possibilités d'adaptation.

Mais la caractéristique essentielle dans l'évolution des projets est incontestablement l'augmentation des puissances unitaires, qui s'est effectuée en un nombre minimum d'étapes qui ont également permis un alignement sur les puissances normalisées des centrales classiques. C'est ainsi qu'après E. D. F. 1 (70 MW el net avec un groupe de 83 MW_g) E. D. F. 2 a été équipé de 2 groupes turbo-alternateurs de 125 MW et E. D. F. 3 et E. D. F. 4 sont équipés de 2 groupes de 250 MW. Il est apparu que la diminution du prix par kW installé est importante lorsqu'on accroît la puissance unitaire, et que cette filière serait plus vite compétitive pour des unités de grande puissance : un réacteur nucléaire de 400 à 500 MW el est bien à l'échelle des grands réseaux modernes interconnectés. Cette évolution vers de grandes puissances unitaires a été ensuite suivie dans la plupart des autres pays.

Pour que cette augmentation de puissance ne se traduise pas par une augmentation de la complexité des structures et en particulier par une multiplication excessive du nombre de canaux, il a été nécessaire parallèlement de développer des éléments combustibles qui conservaient la simplicité fondamentale de la conception des combustibles de la filière - élément unique, massif, constitué par un barreau d'uranium métallique dans une gaine d'alliage de magnésium - mais qui permettraient un accroissement de l'énergie dégagée par élément. Alors que dans G. 2 / G. 3 un élément combustible ne pèse que 4 kg et ne produit, en moyenne, qu'un peu plus de 300 kW el par tonne, dans E. D. F. 3 et E. D. F. 4, l'élément combustible pèse 10 kg et produit 1 200 kW el par tonne. Ceci permet de n'augmenter le nombre de canaux que dans un rapport de 3, alors que la puissance électrique est multipliée par un facteur supérieur à 10.

Enfin un nouveau pas dans le sens de la simplification a été fait avec E. D. F. 4 :

en utilisant les possibilités techniques de réalisation de grandes enceintes en béton précontraint, il a été décidé d'incorporer la totalité du circuit de gaz carbonique dans le caisson, ce qui conduit à une architecture de centrale très compacte, plus économique et présentant une sécurité intrinsèque accrue.

Aboutissement d'un important effort de développement technique et de simplification industrielle, tenant compte de l'expérience acquise dans la réalisation des unités précédentes, EDF 4 devrait se présenter ainsi comme une "tête de série" susceptible d'être reproduite à plusieurs exemplaires, si elle se confirme comme économiquement rentable.

EDF 3 constitue actuellement la référence la plus valable pour le coût d'investissement d'une centrale nucléaire de 500 MW, car toutes les commandes sont passées et la construction est suffisamment avancée pour que le devis initial puisse être considéré comme respecté.

Pour EDF 4, le coût n'est pas défini avec la même précision ; cependant une grande partie des équipements sont identiques à ceux d'EDF 3, et l'adoption du concept intégré doit permettre une réduction du prix ; dans le cas particulier de la centrale de St-Laurent des Eaux, cette réduction risque d'ailleurs d'être compensée en partie par les dépenses inhérentes à l'installation d'une première tranche sur un site nouveau. Tenant compte de ces facteurs, on peut évaluer actuellement le coût de construction d'une centrale de 480 MW net identique à EDF 4 et établie sur un site moyen à moins de 2 fois celui d'une centrale à fuel de même importance,

Dans cette évaluation, on n'a pas pris en compte la charge de combustible. Le coût du cycle de combustible, y compris les intérêts sur la charge en pile, est évalué actuellement à moins de 1 c/kWh soit 2,5 fois moins que les charges de combustible d'une centrale classique. Les coûts EDF 4 seraient d'ailleurs inférieurs si l'on tenait compte de la baisse actuelle de l'uranium naturel, que nous avons compté au prix de 8 \$ par livre d' U_3O_8 .

Une comparaison complète des prix de revient de l'énergie demande que soient faites des hypothèses sur les taux d'intérêt, les durées de vie, etc... Elles sont exposées en détail par ailleurs (1). Il en résulte que dans l'état actuel de nos

(1) J. GAUSSENS, B. LEO, P. TANGUY, Quelques aspects économiques de la filière U naturel-graphite-gaz carbonique, Communication à cette conférence.

connaissances et sous certaines hypothèses, une centrale de ce type doit produire de l'électricité à un coût nettement compétitif avec les centrales françaises les plus modernes.

Malgré ces perspectives très favorables, de nouvelles solutions techniques sont actuellement à l'étude tant au C. E. A. qu'à E. D. F. et dans l'Industrie, en vue d'arriver à une plus grande simplification de la centrale et à une nouvelle diminution des investissements. Les études qui ne remettent pas en cause les principales options de la filière - uranium naturel métallique, gainage magnésium, - portent en particulier sur la mise au point d'un élément annulaire, tube refroidi extérieurement et intérieurement, qui permet d'envisager l'accroissement des performances intrinsèques du réacteur, tirant ainsi parti des possibilités des caissons en béton précontraint. Une telle solution, qui entraîne une réduction des dimensions du réacteur et une notable simplification - le nombre de canaux est divisé par 3 ou 4, - doit conduire à une réduction du coût de construction de la centrale, d'autant qu'elle devrait permettre de passer dans l'avenir à la réalisation d'unités plus puissantes, 1 000 à 1 200 MWe par réacteur, avec un gain économique supplémentaire important. Le développement actuel des études permet d'envisager l'engagement d'une unité de 500 MW dès l'année 1965. Leurs promesses constituent une raison supplémentaire de poursuivre l'effort engagé dans la filière uranium naturel - graphite.

c) La filière eau lourde

Compte tenu des perspectives favorables de développement présentées par la filière graphite-gaz, on pourrait être tenté de penser qu'il n'est pas nécessaire de chercher à mettre au point un deuxième type de réacteur thermique. Le développement d'une nouvelle filière exige en effet pour aboutir une masse énorme d'efforts, de personnel qualifié, de moyens d'essais. Par ailleurs, la France a également entrepris l'étude des réacteurs à neutrons rapides ; ceux-ci pourraient ultérieurement relayer les réacteurs à graphite, tout en étant alimentés par ces derniers en plutonium.

La France n'a pas estimé raisonnable d'adopter une telle attitude. Même si l'on croit à un succès relativement rapproché des réacteurs rapides, le développement industriel des centrales surrégénératrices ne peut avoir pour conséquence l'arrêt prochain de l'équipement en réacteurs de puissance à neutrons thermiques, surtout si ceux-ci peuvent se prévaloir d'une excellente économie neutronique qui

les rend peu sensibles à une augmentation éventuelle du prix du concentré d'uranium naturel qui proviendrait d'un excédent des demandes.

C'est dans cet esprit qu'a été décidée en France l'étude des réacteurs modérés à l'eau lourde dont le réacteur EL, 4, de 75 MW el, construit par le Commissariat à l'Energie Atomique avec la participation d'Electricité de France pour la partie conventionnelle, doit être le prototype. L'eau lourde, grâce à ses excellentes propriétés neutroniques, doit permettre de conserver la forme d'économie du cycle de combustible à uranium naturel et même d'en exploiter à fond les avantages tout en autorisant des performances plus poussées que dans les réacteurs à graphite, en particulier en densité de puissance et taux de combustion.

On ne reviendra pas ici sur les raisons qui ont conduit à choisir le gaz carbonique comme fluide de refroidissement : outre le fait qu'il prolonge le programme gaz - graphite, il permet d'obtenir des températures de sortie élevées et des conditions de vapeur proches de celles mises en jeu dans les centrales classiques. Le souci d'améliorer les conditions de vapeur apparaît d'ailleurs chez les tenants du refroidissement par liquide lorsqu'ils envisagent pour l'avenir des améliorations telles que l'ébullition, la surchauffe et éventuellement le cycle direct. Il a semblé au Commissariat à l'Energie Atomique que l'emploi de gaz carbonique fournissait une approche plus directe et une solution en définitive meilleure. La mise en oeuvre des cycles directs avec le gaz n'est d'ailleurs pas totalement exclue dans un avenir plus éloigné.

C'est en Juin 1962 que le Comité de l'Energie Atomique a autorisé la construction d'EL 4, en acceptant que l'essentiel de la première charge soit constitué par de l'oxyde d'uranium enrichi gainé d'acier. Cette solution évitait que la mise au point d'un gainage peu absorbant, nécessaire à un fonctionnement avec de l'uranium naturel, ne retarde l'expérience attendue de la construction et du fonctionnement du prototype. EL. 4 est en effet un projet assez ambitieux dont on espère tirer un enseignement valable pour apprécier pleinement les possibilités de ce type de réacteur : bien loin de chercher à esquiver les problèmes fondamentaux, on a demandé au contraire au réacteur de comporter au moins les amorces des solutions définitives.

La divergence d'EL. 4 est prévue pour la fin de 1966. Parallèlement les études se poursuivent sur les gainages peu absorbants, béryllium ou alliages zirconium - cuivre, et des résultats décisifs ont été acquis. L'étape suivante pourrait être la construction d'une centrale d'environ 300 MW el dont la date d'engage-

ment n'a pas encore été fixée. L'existence et le développement satisfaisant de la filière graphite rendent plus aisé le développement de la filière eau lourde en lui laissant le temps de s'épanouir normalement. Les résultats actuellement disponibles permettent de penser qu'à moyen terme la filière eau lourde présente de très intéressantes possibilités.

d) La filière à neutrons rapides

Les perspectives de surrégénération présentées par les réacteurs à neutrons rapides, qui permettent à long terme la meilleure utilisation des ressources mondiales en combustible nucléaire, ont conduit la France à lancer, comme bien d'autres pays, un vaste programme d'études et d'essais.

Si la surrégénération est le principal atout des réacteurs à neutrons rapides, ce n'est pas le seul. La forte densité de puissance, la grande latitude dans l'emploi des matériaux de structure (par opposition aux réacteurs thermiques), le rendement élevé à pression modérée (sodium), etc... devraient conduire à des investissements intéressants.

De nombreux problèmes techniques restent encore à résoudre et c'est dans ce but que le Commissariat à l'Energie Atomique a entrepris la réalisation, au Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache, de la pile expérimentale Rapsodie, qui répond à un triple objectif : Rapsodie doit à la fois être une expérience de physique, apporter un enseignement industriel directement utilisable dans la conception d'une pile de puissance - la puissance de Rapsodie a été fixée à 20 MW th - et permettre l'essai des combustibles des piles futures de la filière. La divergence est prévue pour 1966.

Depuis Juillet 1962, l'ensemble du programme français d'étude des réacteurs à neutrons rapides est effectués en collaboration avec Euratom. Un contrat d'association Euratom - C.E.A. couvre l'étude, la réalisation et l'exploitation de Rapsodie, ainsi que d'une installation pour expériences critiques constituée par un assemblage critique Masurca et un réacteur source Harmonie. L'Association Euratom - C.E.A. disposera ainsi à Cadarache d'une solide infrastructure pour poursuivre le développement de cette nouvelle filière.

e) Autres types de réacteurs

Comme il a été rappelé au début de cette communication, le programme nucléaire français est axé sur l'utilisation de l'uranium naturel comme combustible dans les réacteurs de puissance à neutrons thermiques. Mais cette

orientation préférentielle n'a pas empêché le Commissariat à l'Energie Atomique et l'Electricité de France de s'intéresser aux types de réacteurs utilisant un combustible enrichi. C'est ainsi qu'Electricité de France s'est associée avec la Société belge "Centre et Sud" groupant des sociétés privées belges de production et de distribution d'électricité pour constituer la S. E. N. A., Société d'Energie Nucléaire Franco-Belge des Ardennes, dont l'objet est la réalisation de la Centrale de Chooz, d'une puissance électrique nette de 266 MW, équipée d'un réacteur de type P. W. R.

C'est en Septembre 1961 que le contrat pour la fourniture de l'ensemble du matériel nécessaire au fonctionnement de la Centrale a été passé au groupement international : Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi, Métallurgie et Mécanique Nucléaires, Cockerill-Ougree, Framatome, Westinghouse Electric International Company (A. F. W.).

La réalisation de la Centrale de Chooz entre dans le cadre du programme commun d'énergie nucléaire Euratom - Etats-Unis et fait de plus l'objet d'un contrat de participation d'Euratom.

L'un des buts de cette entreprise était de permettre aux constructeurs français et belges d'acquérir de l'expérience dans une technique nouvelle et la majeure partie des équipements tant nucléaires que conventionnels est construite en Europe ; c'est en particulier le cas de la cuve réalisée en France, la plus importante actuellement pour ce type de réacteur avec celle de la centrale de SELNI.

Les travaux de Génie Civil ont débuté en Janvier 1962 et la mise en service est prévue pour 1966.

On signalera par ailleurs que la France participe en tant que membre d'Euratom aux études et réalisations de la filière ORGEL (modérateur eau lourde, refroidisseur organique) et suit les travaux du projet DRAGON (graphite gaz à haute température). Il est prématuré de faire des pronostics sur l'avenir industriel de ces types de réacteur.

CONCLUSION

Si l'expérience confirme les performances prévues pour les installations actuellement en construction en France, les réacteurs uranium naturel - graphite - gaz carbonique pourront à partir d'EDF 4 être considérés comme compétitifs sur le plan français et constituer un excellent point de départ pour un équipement électro nucléaire important capable de contribuer à la sécurité d'approvisionnement en énergie de notre pays.

Les ébauches du V° Plan d'équipement actuellement en cours d'élaboration et qui couvrira les équipements à engager entre 1966 et 1970 envisagent une moyenne de 500 MWe par an de Centrales nucléaires, avec une option de 1 500 MWe supplémentaire pour la fin de cette période.

Il est probable que la grande majorité des réacteurs inclus dans ce plan seront du type uranium naturel - graphite - gaz carbonique, du type EDF 4 tout d'abord, le type "avancé" à élément combustible annulaire et pression de gaz élevée s'y substituant dès que l'expérience industrielle de la première unité, engagée probablement en 1965, sera considérée comme satisfaisante.

Il n'est pas encore possible de prévoir à quel moment les autres filières, en particulier eau lourde et surrégénérateur, prendront une importance industrielle comparable.

FIN