LE PROGRAMME ÉLECTRONUCLÉAIRE FRANÇAIS

Introduction Bilan et perspective du parc nucléaire français

Par Rémy CARLE

Directeur de l'Équipement - EDF

L'auteur évoque la situation actuelle et l'avenir du programme électronucléaire français, devenu réalité industrielle majeure après s'être affronté à un double défi : celui de la technique ; celui de la formation des hommes chargés de l'exploitation des centrales. L'im-

portance du parc électronucléaire, avec les centrales aujourd'hui en fonctionnement et celles qui entreront en service au cours des prochaines années, fait de l'électricité nucléaire une « nouvelle réalité économique » dont il faut apprendre à tirer le meilleur parti.

Les opposants au nucléaire ont souvent plaidé que l'effort nucléaire français était exagéré, trop soudain, trop brutal.

Maintenant que l'essentiel du chemin est fait, sans doute pouvons-nous avouer qu'ils n'avaient pas tout à fait tort !

Et peut-être, ne mesurons pas nous-mêmes ce que représente ce changement, en dix ans, de la base de notre production d'électricité d'une façon aussi radicale.

Et pourtant, les éléments du problème sont encore présents à tous les esprits. De quoi s'agissait-il ?

De mettre en place des capacités industrielles entièrement nouvelles, capables de produire chaque année quelque 8 000 MW de nucléaire. Et ceci, aussi bien dans le domaine nucléaire à Chalon, que dans le conventionnel à Belfort. Pour autant que l'on puisse qualifier de « conventionnels » des turbo-alternateurs de 900 ou 1 300 MW ! Et ces grandes réalisations ne doivent pas nous faire oublier la multitude des fabricants qui ont fait les tuyauteries, les vannes, les

câblages de nos centrales. **Ces capacités existent aujourd'hui et font de ces centrales nucléaires, des centrales véritablement françaises.** Pour toutes ces industries, le nucléaire a représenté un progrès décisif en matière d'assurance de qualité.

De quoi s'agissait-il encore ? Pour EDF, de deux défis majeurs :

— **d'une part, de passer de conceptions évolutives, dépendant des bureaux d'études des Régions d'Équipement, à une conception standardisée.** Ceci impliquait en fait la transformation de la Direction de l'Équipement en un seul bureau d'études profondément unifié ;

— **d'autre part, de développer un personnel d'exploitation nucléaire sans commune mesure avec celui qui existait.** Ce furent ainsi 1 500 à 2 000 personnes qu'il fallut former aux nouvelles techniques et à la rigueur qui y est attachée. Et ceci, grâce à un système de formation alliant cours, formation sur le tas et emploi de simulateurs.

Il s'agissait enfin, bien sûr, de déjouer les pièges d'une contestation qui considérerait la France comme le dernier îlot de résistance. La continuité d'attitude des pouvoirs publics, les efforts de concertation et d'information de tous et, en particulier, ceux de la Société Fran-

çaise d'Énergie Nucléaire, y ont pourvu.

Tous les paris, nous pouvons le dire sans trop de forfanterie, **ont été gagnés.** Plus exactement, et pour employer une comparaison sportive, l'essai a été marqué. Il faut maintenant le transformer.

Le nucléaire est une réalité industrielle

Quatre tranches de 900 MW ont été couplées en 1983. Depuis Fessenheim 1, en 1977, les couplages se sont succédé selon un rythme moyen d'une mise en service tous les trois mois.

Avec vingt-huit tranches couplées sur les trente-quatre que comportera le palier 900 MW, le nucléaire a assuré en 1983 50 % de la production d'électricité en France. Sauf événements inattendus, ce taux devrait être largement dépassé en 1984. En effet, sur le premier semestre, 88,8 TWh sur 161,5 ont été produits par le nucléaire, soit 55 %. Déjà, avec 50 %, demain 70 %, de nucléaire, le parc de production se trouve techniquement très profondément transformé.

En 1983, la disponibilité du parc s'est située à 68 %, nettement au-dessus des valeurs prises en compte dans les calculs économiques. Elle a été supérieure à 75 % pendant les premiers mois de 1984. Certes, cette disponibilité doit encore être améliorée. Des incidents sérieux comme celui des broches ont été maîtrisés ; les petits ennuis liés à la robinetterie disparaissent progressivement.

En raison même des gains de disponibilité qu'il procure, le service après-vente doit être poursuivi.

Avec un niveau de consommation qui varie du simple au double entre l'hiver

(*) Ce texte a été établi à partir de la communication présentée par M. Rémy Carle lors de la journée d'information organisée le 5 juillet 1984 par la SFEN, sur le thème : « Électricité nucléaire : nouvelle réalité économique ».
(N.d.I.R.)

Site de Saint-Alban - Septembre 1983.

et l'été, de 30% dans la journée, **le nucléaire est d'ores et déjà modulé** ⁽¹⁾. Nous devons absolument éliminer l'idée, si couramment répandue, que le nucléaire n'est pas capable de suivre la charge. Des expériences menées à Fessenheim ont par ailleurs montré qu'il peut participer à la régulation de la fréquence.

Il est clair que l'introduction à haute dose de nucléaire dans un réseau modifie la façon de conduire ce réseau, par exemple la façon de gérer l'énergie de stockage comme l'énergie des lacs. Nous n'avons pas fini d'apprendre cet art nouveau.

Le programme nucléaire continue

Il continue d'abord du fait même de l'ampleur de ce qui est engagé :

- les dernières unités de 900 MW restent à mettre sur le réseau ;
- une vingtaine de tranches de 1 300 MW a été engagée, dont la première vient de démarrer.

C'est dire qu'il y a beaucoup à faire.

Certains peuvent s'étonner d'ailleurs de la lenteur du démarrage de Paluel. Quand on change de matériel, il y a toujours des essais à faire et des difficultés à surmonter. Des enseignements en seront tirés et quelques modifications seront sans aucun doute à apporter à la série des 1 300 MW.

On le sait, ceux-ci se répartissent en deux paliers, le P 4 et le P' 4, conçus pour minimiser les prix.

Les devis de ces tranches sont aujourd'hui tenus et on peut en conclure que ce qu'il était convenu d'appeler **la dérive du nucléaire est aujourd'hui stoppé**.

Bien entendu, le programme des engagements des années présentes et des années prochaines sera en diminution sensible par rapport au passé. Il n'y a pas lieu de s'en étonner puisque la substitution du nucléaire aux combustibles fossiles importés dans la production d'électricité est dès maintenant acquise. Il faut simplement regretter (de ce point de vue) qu'au moment de ce changement, au moment où il faut suivre l'évolution de la consommation, cette consommation évolue lentement.

En juillet 1983, le gouvernement a fixé les programmes pour 1983 (deux tran-

ches), 1984 (deux tranches) et 1985 (une ou deux tranches) ⁽²⁾. Il est clair que, dans cette décision, le souci de maintenir une charge minimale à notre industrie nucléaire a pesé. **C'était à mon sens le meilleur compromis possible.**

Il n'en reste pas moins que notre industrie risque de souffrir considérablement si le rythme des engagements nucléaires devait se maintenir durablement à des cadences de deux, ou même une tranche par an. C'est le sens de l'autre décision qui a été prise le 27 juillet 1983 : **celle qui invite Electricité de France à amplifier la substitution de l'électricité au fuel.**

Le souci d'exporter est aussi présent. Mais la concurrence est sévère !

Deux risques sont à éviter dans cette situation :

⁽¹⁾ Voir à ce sujet RGN, n° 4/1983, l'article de J. Guilmin : « Le pilotage mode gris, ou dispositif à manœuvrabilité accrue ».

⁽²⁾ *Nota.* - En date du 31 octobre 1984, le gouvernement a fixé à une tranche en 1985 et une tranche en 1986 les engagements à venir. La « décision éventuelle » d'engager une seconde tranche en 1986 « sera prise, le moment venu, en fonction de l'évolution des perspectives de consommation ».

— celui de perdre le contrôle des délais, chaque fournisseur tendant d'abord à faire durer sa charge de travail ;

— celui de perdre le contrôle des prix, la baisse de cadence se traduisant par un poids croissant des charges fixes.

Tout ceci ne ferait que diminuer la rentabilité du nucléaire et, par conséquent, déplacerait l'équilibre vers encore moins de programme.

Était-il, dans ces circonstances, opportun et raisonnable de lancer un nouveau modèle ?

Certainement, car nous sommes au moment de faire le bilan afin de préparer l'avenir qui va nous mener jusqu'au siècle prochain. Nous devons concevoir maintenant les centrales qui seront encore en fonctionnement en 2030.

Le palier N4 est le premier entièrement conçu alors que des REP ont fonctionné depuis plusieurs années. C'est aussi le point d'aboutissement de toutes les réflexions qui ont suivi l'accident de Three Mile Island.

On a beaucoup insisté dans la presse sur l'augmentation de puissance ; ce n'est pas là l'essentiel. **Nous escomptons gagner 5% sur le coût du kWh installé.** C'est un pari qu'il convient de tenir, de manière à montrer que le nucléaire a atteint non seulement sa maturité technique mais aussi sa maturité économique.

(3) Voir à ce sujet notre dossier dans RGN, n° 2/1984 : « Les données internationales du coût de l'énergie nucléaire ».

« Electricité nucléaire, nouvelle réalité économique »

Sans qu'il soit besoin de nous projeter au XXI^e siècle, ceci est une réalité dès aujourd'hui, dans la France où nous vivons.

Le nucléaire a d'abord permis de maintenir l'électricité française à un coût raisonnable : sa croissance, en termes réels, a été très faible (négative pour le prix du kWh moyen en basse tension), bien inférieure à celle des combustibles concurrents.

Malgré la difficulté des comparaisons internationales, il est permis d'affirmer clairement que l'électricité française est moins chère que celle des pays voisins. Les analyses comparatives d'organismes internationaux en portent témoignage (3).

C'est un fait qui doit nous ouvrir un marché à l'exportation très important : plus de 20 TWh ont été exportés sur les douze derniers mois et des perspectives très favorables se dessinent déjà pour les prochaines années.

Mais au-delà de ce premier fait, deux changements de structure décisifs apparaissent.

En premier lieu, la structure du coût du kWh a été modifiée grâce à la mise en œuvre d'un investissement à l'abri de l'inflation, exploitant un combustible (l'uranium) dont le poids, dans les coûts de production, est bien plus faible que celui des autres combustibles, ce qui nous met à l'abri des fluctuations du marché mondial.

Nous pouvons maintenant prévoir le prix de l'électricité et penser qu'il va baisser. Évidemment, l'incertitude liée à l'endettement étranger hypothèque l'avenir. Il faut que les dix années à venir épongent ce problème.

Dès maintenant, Electricité de France est disposé à conclure des contrats à moyen terme **l'engageant sur les prix.** C'est une première réalité économique.

Ensuite, les coûts se présentent de façon très différente dans l'année, avec un écart très grand entre le coût marginal nucléaire et le coût marginal fuel, ce qui amène à offrir l'électricité au client dans des conditions nouvelles : effacement jour de pointe, contrats saisonniers...

C'est une autre réalité économique dont il faut que nous apprenions à tirer le meilleur parti.

De cette profonde mutation du système électrique français, nous avons parcouru la première moitié, celle concernant la production, il nous faut maintenant parcourir la seconde qui concerne l'utilisation.

Sans chercher à occuper une position de monopole, l'électricité — ressource nationale — doit prendre sa place, mais toute sa place.

Ainsi, le nucléaire aura-t-il contribué à modeler la réalité économique de demain.

La SFEN a contribué à le faire comprendre et admettre. Elle doit continuer à en suivre et à en expliquer les conséquences.

Rémy CARLE

Present situation and future prospects for French nuclear power plants

By Remy CARLE

Equipment Director - EDF

The author depicts the present situation and future of the French nuclear power programme which has now become a major industrial reality after successful acceptance of a twofold challenge: the technical problem and that of training the personnel responsible

for operating the power stations. The large number of nuclear plants now in operation and planned for the next few years makes electricity generated from nuclear power a « new industrial reality », which we must still learn to utilize to the best effect.

Opponents of nuclear power have often exclaimed that the efforts expended by the French on nuclear power were exaggerated, too sudden and too drastic.

Now that most of the ground has been covered maybe we can admit that they were not altogether wrong!

And perhaps we ourselves do not now

measure this 10-year change on the basis of our electricity generating capacity in such a dogmatic way.

And yet, the elements of the problem are still very much present in our minds. What were they?

To set up entirely new industrial plants capable of generating some 8,000 MW nuclear power per annum. And this was both in the nuclear sector at Chalon and

(*) This text is based on the address given by Mr. R. Carle at the open day organized on 5th July 1984 by the SFEN on the theme: « Nuclear power: a new economic reality ». (N.d.I.R.)

the conventional sector at Belfort. That is if we can qualify turbo-alternators of 900 or 1,300 MW as "conventional"! And these vast projects should not prevent us from remembering the multiplicity of companies which fabricated the tubing, the valves and the cables for our power stations. **This industrial capacity still exists today and makes these nuclear power stations truly French achievements.** For all these industries nuclear power has meant a real step forward in quality assurance.

And what else is there to say? For EDF, two major challenges:

— first of all, the progress from ad hoc designs capable of modification based on the drawing offices of Equipment Regions to standardized design. This in fact meant transforming the Equipment Head Office into one, thoroughly united drawing office;

— secondly, to develop nuclear operating personnel incomparable to that which existed before. For this reason 1,500 to 2,000 people had to be trained in new techniques and in the severity which they involved. A training system was created for this purpose which combined courses, practical tuition and use of simulators.

Finally, of course, the snares of an opposition group which considered France as the last pocket of resistance had to be parried. The consistent attitude of the Public Authorities and the efforts made by everyone, particularly the "Société Française d'Energie Nucléaire" (SFEN), to disseminate information and reach a consensus, all helped to provide for our needs in this context.

All the gambles, without boasting too much, have succeeded. And to use a sporting metaphor, the try has been scored. It now has to be converted.

Nuclear power is an industrial reality

Four 900 MW units were linked to the national grid in 1983. Since Fessenheim 1, in 1977, plants have been linked to the grid at an average rate of one unit commissioned every three months.

With 28 of the 34 units which represent the 900 MW generation linked to the grid, nuclear power plants provided 50% of French electricity generating output in 1983. Except for unforeseen circumstances, this rate should be easily exceeded in 1984. Already in the first half of the year, 88.8 TWh have been generated by nuclear power out of a total of 161.5, i.e. 55%. With 50% already, 70% in the near future, being provided by atomic power plants: the technical base of total generating capacity has been radically changed.

In 1983 nuclear power plant availability was around 68%; substantially

higher than the figures taken for economic forecasts. It was over 75% in the first months of 1984. Admittedly, this availability must be further improved. Serious incidents such as that of the control rod assembly pins are now under control; small problems with pipe fittings are gradually disappearing. Due to the very fact that it improves availability after-sales service must be continued.

With consumption levels which double from summer to winter and vary by 30% within a day, **nuclear power is now modulated** (1). It is absolutely essential that we eliminate this idea to widely purveyed, that nuclear power stations cannot adapt to load follow requirements. Trials at Fessenheim have shown that nuclear power units can also take part in frequency control.

It is clear that the introduction of a substantial amount of nuclear generating capacity into the grid changes the way in which the grid is operated, just like the way in which stored energy such as that from dams changes control techniques. We are still learning this new skill.

The nuclear power programme goes on

It goes on, firstly because of the magnitude of the task undertaken:

— the last 900 MW units are still to be connected to the grid;

— about twenty 1,300 MW units are scheduled, the first of which has just been commissioned.

In other words, there is still a lot to be done.

Some people, by the way, are surprised at the slowness of the Paluel start-up. When equipment and machines are changed, there are always tests to carry out and difficulties to overcome. Lessons will be learnt and certain modifications will surely be made to the 1,300 MW generation.

As you know, this 1,300 MW generation has two models, P 4 and P' 4, designed to cut down costs.

The estimated cost of these units is respected today and it can be concluded that **what had come to be known as the nuclear swerve off-course has now been corrected.**

Present and future investment programmes will, of course, be substantially more modest than in the past. This is not surprising because the replacement of imported fossil fuels used to generate electricity by nuclear power is now a fact. It is only regrettable (from this point of view) that at the moment this changeover takes place, at the moment when the consumption trends must be followed, this consumption is developing slowly.

In July 1983, the government approved the 1983 (two units), 1984 (two units) and 1985 (one or two units) programme (2). This decision clearly indicates the desire to burden our nuclear power industry as little as possible. **In my opinion it was the best possible compromise.**

It nevertheless remains a fact that our industry is likely to suffer considerably if the rate of investment in new plants is restricted to two or even one unit per year in the long term. This is the message behind the other decision taken on 27th July 1983: **that which invites Electricité de France to further promote replacement of fuel oil by electricity.**

The desire to export is also present. But competition is severe.

Two dangers must be avoided in this situation:

— that of losing control over delivery times, with each supplier tending to prolong his share of work;

— that of losing control over prices with the decline in activity being reflected in an increasing percentage of fixed costs.

All this would only lower the profitability of nuclear power and, as a result, put the emphasis on even smaller programmes.

Under these circumstances was it opportune and sensible to launch a new model?

It certainly was, because we are now at the point where the situation must be evaluated in order to establish future measures to take us into the next century. We must now design power stations which will still be operating in the year 2030.

The P 4 generation is the first to be conceived as an entity, whereas PWR plants have been in service for several years. It is also the culmination of all the thoughts resulting from the accident at Three Mile Island.

There has been great insistence in the press on the increase in capacity; but this is not the essential point. We aim to save 5% per kW capacity. This is a challenge which must be met in order to demonstrate that nuclear power has reached not only technical but also economic maturity.

« Electricity from nuclear power, a new economic reality »

Without needing to project ourselves into the 21st century, this is a reality

(1) See RGN, n° 4/1983, the article by J. Guilmén: « Grey mode control, or a device for added flexibility ».

(2) Note - On 31st October 1984, the government approved future investments for one unit in 1985 and one unit in 1986. The « possible decision » to invest in a second unit in 1986 « will be taken at the appropriate moment, subject to the way future consumption prospects develop ».

of today in the France in which we live.

First of all, nuclear power has made it possible to **keep the costs of French electricity at a reasonable level**: in real terms they have increased very little (a decrease even for average low voltage kW) and far less than for competitive fuels.

In spite of the difficulties involved in international comparisons, we can clearly state that French electricity is less expensive than that of the neighbouring countries. Comparative analyses made by international organisations prove this ⁽³⁾.

This is a fact which should make a very large export market available to us: more than 20 TWh were exported over the last 12 months and very bright prospects can already be seen for the coming years.

But apart from this initial fact, two structural changes are appearing.

⁽³⁾ See our data in RGN, n° 2/1984: « International data on the cost of nuclear energy ».

In the first place, the cost structure of the kWh has been changed by utilizing an investment **unaffected by inflation** using a type of fuel (uranium), the incidence of which in overall production costs is far less important than for other types of fuel and this means we are not at the mercy of fluctuations in world market prices.

We are now in a position to forecast the price of electricity accurately and we think it will go down. Obviously, the uncertainty involving the foreign debt compromises the future. The next ten years must erase this problem.

Electricité de France is, at this very moment, ready and willing to negotiate medium-term contracts **with firm price clauses**. This is a first economic reality.

Secondly, costs vary most substantially over the year with a very large difference between the breakeven costs for nuclear power and those for power based on fuel oil, which means that electricity can be offered to the custo-

mer under a new set of conditions: erasure of peak days, seasonal contracts, etc.

This is another economic reality which we must learn to use to our best advantage.

We have now examined the first half of this deep-seated change in the French electricity system, generating capacity and output. But we must now go on to the second half which deals with consumption.

Without seeking a monopoly position, electricity — a national resource — must assume its rightful place, its full and rightful place.

Nuclear power will thus have played its part in shaping the economic reality of the future.

SFEN has helped nuclear power to become understood and accepted. SFEN must now continue to follow-up and explain the consequences of nuclear power.

Rémy CARLE

* *

*