

L'épopée du nucléaire français

Pouvez vous retracer rapidement les conditions dans lesquelles est né le plan Messmer ?

Il faut tout d'abord rappeler comment la France a choisi la technologie des réacteurs à eau sous pression (REP). C'était bien avant la crise du pétrole et du plan Messmer. Cela commence avec la centrale de Chooz A, une REP de 300 MW commandée en partenariat avec les Belges en 1960, sous licence Westinghouse. Dès le début, EDF voulait diversifier ses compétences nucléaires et n'être pas uniquement tributaire de la filière gaz graphite du CEA. Chooz A a été mise en service en 1967 et arrêtée en 1991. La deuxième centrale, de 900 MW, implantée à Tihange, était aussi franco-belge. EDF avait également le projet, avec les Suisses, de commander un réacteur à eau bouillante de 900 MW mais cela ne s'est pas fait. Entre temps, dès 1969, la filière graphite-gaz fut abandonnée, le choix se porta sur les réacteurs à eau ordinaire. C'est de Gaulle qui prit cette décision en décembre 1968.

Pourquoi cet abandon ?

Pour répondre à cette question il faut se souvenir de la raison pour laquelle on avait fait ce choix. Au départ, il s'agissait d'une des deux filières pouvant utiliser de l'uranium naturel. A l'époque, la France n'avait pas de capacité d'enrichissement. A la fin des années 60, l'usine d'enrichissement de Pierrelatte était mise en service et cela donnait à la France la capacité d'utiliser des réacteurs à eau légère, sous pression ou bouillante. La motivation première du gaz graphite avait donc disparu. Ensuite, il est vite apparu que le réacteur gaz graphite aurait un prix supérieur à celui du réacteur à eau. Enfin et surtout, 600

INTERVIEW DE PIERRE BACHER

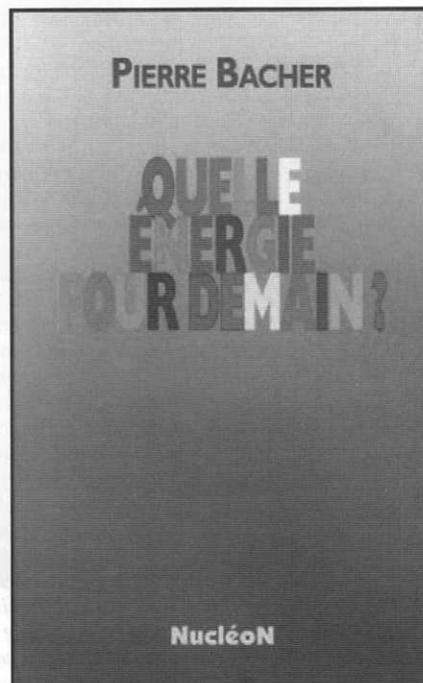
Alors que se dessine une renaissance mondiale du nucléaire, et que l'on parle de plusieurs centaines de centrales nucléaires à construire à un rythme relativement rapide, il est utile de se tourner vers le passé pour en tirer des leçons d'avenir.

Nous avons demandé à Pierre Bacher de jouer pour nous le rôle de « grand témoin » du programme nucléaire français.

Initialement spécialiste des centrales graphite-gaz au CEA, il s'est rapidement converti aux centrales à eau sous pression (REP) en entrant à EDF.

A l'époque du plan Messmer, il était chef du projet Fessenheim, puis chef du projet Paluel, avant de diriger le SEPTEN, le service central d'ingénierie des centrales thermiques et nucléaires d'EDF.

Il fut ensuite directeur technique à l'Équipement lorsque EDF installait quatre centrales nucléaires par an.



MW paraissaient un maximum de puissance pour cette technologie, alors que l'on pressentait que l'on pourrait aller plus haut avec les réacteurs à eau, grâce aux gains par effet de taille qui s'ensuivraient.

Qui est à l'origine de la décision ?

Marcel Boîteux, directeur général d'EDF à cette époque, a fortement pesé pour que l'on expérimente plusieurs filières. Tout en constatant que le prix du pétrole ne faisait que baisser, il estimait que cela n'aurait qu'un temps et qu'il fallait se préparer à exploiter d'autres sources d'énergie. A l'époque, on exploitait de grosses centrales au fioul de 600 MW qui étaient imbattables du point de vue du prix du kWh. A l'époque le prix du pétrole oscillait entre 3 et 4 dollars le baril. En ce sens, c'est Marcel Boîteux qui mérite le titre de « père du nucléaire » en France.

Vous êtes en train de dire que l'on a décidé de lancer le nucléaire alors qu'il produisait un kWh plus cher que celui du pétrole ? C'est une sacrée leçon pour aujourd'hui !

C'est très difficile à estimer, mais je dirais qu'à l'époque cela coûtait environ 30% plus cher que le pétrole. EDF voulait à la fois anticiper et préparer les hommes. Lors d'une visite à la centrale de Saint-Laurent-

des-Eaux, M. Boîteux avait expliqué au personnel que, malgré le prix très bas du pétrole, il fallait entretenir la compétence nucléaire. Il avait appelé ça « la gymnastique nucléaire ». Ce besoin est un peu le même aujourd'hui.

On arrive donc à la décision de construire Fessenheim, la première centrale REP de grande puissance.

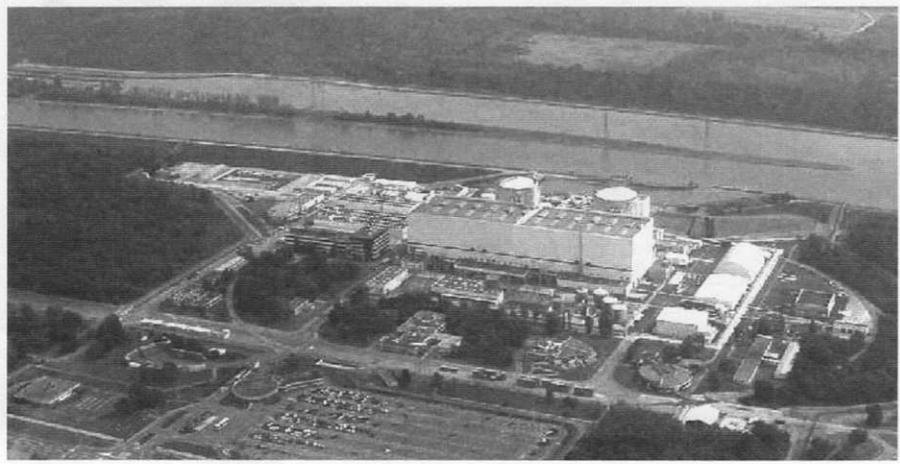
Fessenheim devait initialement être un projet graphite-gaz de 600 MW. Le projet fut stoppé et remplacé par un projet de REP de 900 MW. Je suis passé du CEA à EDF en 1968, après avoir longuement travaillé sur le graphite-gaz et je suis devenu par la force des choses spécialiste des REP. Ensuite, on commanda Fessenheim 2 en 1971, puis Bugey 2 et 3 en 1972. Au total, quatre réacteurs de 900 MW ont donc été commandés avant la crise pétrolière. Lorsque celle-ci se produisit, le gouvernement demanda à EDF et aux industriels quel pourrait être le rythme maximum de construction. La réponse fut de 4 à 6 par an. C'est devenu le plan Messmer, avec un contrat-programme de 16 réacteurs. Comme nous n'avions plus le temps de faire des appels d'offre, nous avons choisi la filière REP avec la licence Westinghouse qui avait déjà servi pour ces quatre réacteurs.

Que reprenez-vous de cette époque ?

C'était un rythme effréné. Sur le plan industriel, les outils étaient en passe d'être créés. Les investissements lourds avaient déjà été consentis pour la forge et l'atelier de cuve. L'organisation et l'assurance qualité furent déterminant. Aussi bien pour Schneider-Framatome que pour Alstom, qui devaient changer de dimension : des turbines de 600 MW à 3000 tr/mn, il fallait passer à 900 MW à 1500 tr/mn, avec des conditions de vapeur qui n'étaient pas bonnes (300°C contre 550 ou 600°C dans les centrales thermiques). Il y avait des gens qualifiés en France, mais pas suffisamment. Il fallait former aussi bien chez les industriels que chez EDF et les organismes de contrôle, SCSIN, IPSN.

Former à la technique REP de Westinghouse ?

Oui. Il faut rappeler que les industriels étaient très malheureux de la situation qui prévalait avec le graphite-



gaz, où ils n'étaient que des fournisseurs de pièces. Ils voulaient devenir les maîtres d'œuvre pour être en position d'exporter. Les licences acquises par Schneider (auprès de Westinghouse) ou par la CGE (auprès de General Electric) portaient sur la chaudière complète. Tous les systèmes étaient livrés clef en main.

Pour Fessenheim, on avait choisi la licence Westinghouse après un appel d'offre. Les circonstances ont fait que ce fut aussi la technologie du plan Messmer. Mais en 1975-1976, on a reposé la question du choix des filières : canadienne à eau lourde, eau bouillante et un autre REP de chez Babcock. Il y eut un nouvel appel d'offre, qui nous a mené à éliminer rapidement les Canadiens et Babcock. Et Westinghouse a de nouveau été le vainqueur final, pour un deuxième contrat-programme, qui portait sur 12 réacteurs de 900 MW (2 autres rajoutés ensuite, pour un total de 34 REP de 900 MW). En parallèle, EDF et Framatome préparaient le palier suivant de 1300 MW, qui fut commandé à 20 exemplaires entre 1977 et 1984.

Le réacteur à eau pressurisée (REP) de 300 MW **Chooz A** a été mise en service en 1967 à une époque où le nucléaire était 30 % plus cher que le pétrole. Ci-dessous, la centrale de Chooz, équipée de deux réacteurs d'une puissance de 1450 MW chacun, construite à côté de Chooz A.



Revenons au problème de formation. Comment a-t-il été résolu ?

En fait, dès 1968, des gens étaient partis en stage aux Etats-Unis pour se former. Framatome avait en permanence plusieurs ingénieurs dans les bureaux de Westinghouse. EDF en avait un ou deux. Westinghouse a parfaitement joué le jeu du transfert de technologie. Lorsque les contrats ont été signés, il y avait des clauses d'assistance technique. EDF avait également des contrats d'assistance technique avec des architectes industriels.

Nous avons pris dès le départ une décision capitale : copier servilement les projets américains tant que nous n'avions pas acquis la compétence. Je disais à l'époque « on travaille

La centrale de Fessenheim, mise en service en 1977.

à la japonaise », on ne s'autorise pas à faire passer nos idées dans la centrale de Fessenheim. Quand on avait un problème, on faisait venir les gens de Westinghouse qui n'étaient pas dépaysés. Ils retrouvaient un problème déjà connu. Ce n'est qu'à partir de Paluel que nous nous sommes permis d'introduire des idées nouvelles.

D'autres points fondamentaux à mentionner ?

Il faudrait parler de tout ! C'était une période où il fallait tout créer. Par exemple les spécifications techniques des machines n'existaient pas. Il y avait une codification nucléaire américaine (ASME) réalisée par l'association des ingénieurs mécaniciens américains, validée par l'autorité de sûreté américaine. L'industrie française connaissait très mal cette codification, qui ne donne d'ailleurs pas, en elle-même, accès au savoir-faire. Il a fallu mettre au point avec l'industrie une codification française en utilisant au

mieux les compétences des industriels français mais en se référant à la codification américaine. C'était un travail de très longue haleine qui ne s'est concrétisé que lorsque la moitié du programme était déjà construit.

Cela nous rendait indépendant aussi, un souci que l'on retrouvait à tous les niveaux : souci d'indépendance énergétique au niveau gouvernemental, volonté de diversification chez EDF, souci d'indépendance industrielle au niveau de Framatome. Pour vendre en Chine, il fallait pouvoir se passer de Westinghouse.

Les règles de sûreté, qui concernent les systèmes plus que les matériels, étaient aussi à créer. Là encore, on avait copié les Américains, mais nous n'en étions pas entièrement satisfaits. Dès 1974, un universitaire américain avait publié une étude probabiliste qui montrait les insuffisances des systèmes de sûreté. Nous avons donc été amenés à les changer en profondeur, particulièrement après l'accident de Three Miles Island, en 1979.

Nucléaire : le monde se réveille...

A lors que l'Europe commence à se poser des questions existentielles sur le retour au nucléaire, le reste du monde prend, lui, des décisions.

L'Afrique du Sud démarrera la construction du premier réacteur pilote modulaire à lit de boulets (PBMR - décrit dans notre numéro spécial nucléaire), qui serait une « technologie nucléaire parfaite pour l'Afrique et les pays en voie de développement ». Il devrait être achevé d'ici 2011 et sera suivi de la production en masse de modules standardisés pour l'usage domestique et l'exportation. Il est basé sur une technologie allemande (abandonnée en 1990 pour des raisons politiques) et il est doté d'une « sûreté inhérente » à 100% (les chinois ont démontré sa fiabilité sur un démonstrateur de construction analogue, en vidant le cœur en fonctionnement de son fluide de refroidissement ; le cœur a maintenu naturellement une température sûre). Il offre la capacité de produire, outre de l'électricité à bas coût, un fluide à haute température pour la production de combustibles à base d'hydrogène et d'autres procédés industriels. La Russie construit actuellement 3 nouvelles centrales (10 sont en activité, avec 31 réacteurs) et en prévoit 40 en Russie, et de 40 à 60 à l'étranger, pour les vingt-cinq prochaines années. Sa production électronucléaire couvrirait jusqu'à 25% de ses besoins. Elle est en négociation avec l'Ukraine et le

Kazakhstan pour initier une coopération : le Kazakhstan fournirait l'uranium dont les revenus lui permettraient d'acheter des centrales russes ; l'Ukraine fournirait les turbines et pourrait développer le cycle complet du combustible, pour lequel elle dépend toujours de la Russie pour ses 4 centrales, et serait en négociation pour de nouvelles constructions. Gazprom pourrait investir dans ces centrales, permettant ainsi de réduire la consommation intérieure de gaz (80% de la production) et donc

PBMR

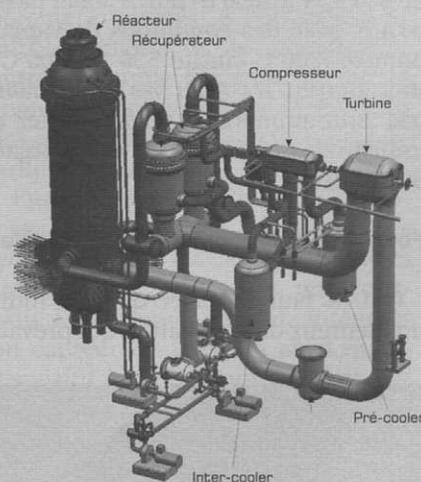
Le réacteur sud-africain sera opérationnel dès 2011.

d'exporter plus ; d'autre part cela lui donnerait accès à la technologie nucléaire qu'elle pourrait vendre à l'export.

Le Pakistan est en négociation avec la Chine pour acheter 6 à 8 réacteurs de 600 MW livrables en 2025 alors que des techniciens chinois seraient au Pakistan pour évaluer les dégâts subis par un centre de stockage de combustible lors du récent tremblement de terre (l'évaluation serait de plusieurs centaines de millions de dollars). Evidemment, les USA crient au développement d'armes de destruction massive, car effectivement, le Pakistan n'a pas signé le traité de non prolifération et il est donc libre de développer des armes. Le vrai problème est qu'il s'est d'abord tourné vers la Chine. Cette

erreur a été récemment corrigée en demandant aux USA d'étudier une possibilité de coopération pour le développement de son parc électronucléaire.

En même temps, aux Etats-Unis, le sénateur républicain, John McCain, lors d'une interview où il répondait à une question sur l'Iran et son programme supposé d'armes nucléaires, a déclaré : « [...] au vu de ce qui se passe au Venezuela avec



Hugo Chavez et ce que Poutine a fait à l'Ukraine, nous devons rapidement retrouver notre indépendance vis-à-vis des importations pétrolières. Et cela signifie, entre autres, de revenir à l'énergie nucléaire ». Bush l'avait déjà entendu : il a promis UNE nouvelle centrale d'ici quinze ans !

CC

Source : EIR (The Dawn 6 janvier 2006, Novosti, Moscow Times 13 janvier 2006, Fox TV ...)

Peut-on tirer des leçons de toute cette période, dans la perspective d'un nouveau programme de construction à marche forcée ?

La première leçon, c'est l'importance du capital humain. On le dit souvent, mais on en tient rarement compte. Créer des compétences demande un effort soutenu et de longue haleine. Si on ne les maintient pas, on perd beaucoup. Il faut donc maintenir les compétences et ce, dans tous les domaines : ingénierie, fabrication, calcul, etc.

L'apprentissage des années 70 a été facilité parce que les partenaires français avaient voulu maintenir envers et contre tout une réserve de compétences. Ils avaient pratiqué la « gymnastique du nucléaire ». Au moment du plan Messmer, nous n'avions pas assez de personnels qualifiés, mais nous avions la qualité.

Or, aujourd'hui, les gens qui avaient 40 ans en 70 sont tous à la retraite. Il y a un certain maintien des compétences grâce à la maintenance, mais ce n'est jamais comparable à la conception d'ensemble et à la construction d'une centrale. Il est donc très important de ne pas laisser ces compétences disparaître d'ici à 2015.

La deuxième leçon, qui concerne les nouveaux programmes nucléaires : chaque fois que l'on invente un nouveau système, si on ne bâtit pas sur les systèmes existants, on aura des difficultés que l'on appelle pudiquement « de jeunesse ». C'est vrai dans l'automobile, ça l'est encore plus pour un système industriel complexe comme une centrale nucléaire. Il y a dix ans, quand on a commencé à penser aux projets futurs, de très nombreuses discussions ont eu lieu à EDF, Framatome et avec les autorités de sûreté. La conclusion a été favorable à un projet « évolutionnaire » et non révolutionnaire. Les recommandations des autorités de sûreté franco-allemandes allaient dans ce sens. Cela a donné l'EPR, qui exploite à fond le retour d'expérience des centrales allemandes et françaises.

C'est vrai pour les pays déjà dotés d'une filière nucléaire. Mais un pays comme l'Afrique du Sud n'a-t-il pas intérêt à faire une filière indépendante révolutionnaire ?¹

Encore faut-il en avoir les moyens. Je pense que le projet du PBMR coûterait beaucoup trop cher pour avoir la moindre chance de réussite industrielle. Il faut rappeler que le THTR avait coûté aussi cher que Superphénix mais il produisait quatre fois moins d'électricité et a eu beaucoup plus de problèmes techniques.

Ce que je vous disais vaut également en matière de sûreté. Il y a six concepts retenus dans le programme génération IV. Plusieurs d'entre eux modifient profondément l'approche de sûreté habituelle, basée sur la constitution de trois barrières successives autour du combustible nucléaire : la

gaine, la cuve du réacteur en acier et l'enceinte en béton. Prenons le plus révolutionnaire de ces concepts, qui utiliserait comme combustible des sels de thorium et d'uranium fondus. Il ne peut pas y avoir de gaine et on supprime donc la première barrière de confinement alors que toute notre philosophie de sûreté nucléaire est fondée sur l'idée de triple barrière. Comment assurer avec deux barrières le niveau de sûreté atteint avec trois barrières ? C'est certainement possible, mais tout doit être repensé.

Pour les HTR, la particule enrobée du combustible constitue une excellente première barrière, supérieure à ce qui existe actuellement car elle est capable de résister à de très hautes températures. Mais par contre, des faiblesses nouvelles sont introduites. Ainsi, dans les réacteurs à eau pressurisée actuels, la cuve est isotherme. Alors que dans un réacteur HTR, il y a des différences de 300°C entre le haut et le bas. Lors de certains incidents, elle subit également des chocs thermiques qui fragilisent cette deuxième barrière. Dans le cas du réacteur sud-africain, aucune troisième barrière

C'ÉTAIT UN RYTHME EFFRÉNÉ. LES OUTILS ÉTAIENT EN PASSE D'ÊTRE CRÉÉS



■ L'EPR de Flamanville

n'est prévue. Je repose la question : comment fait-on pour assurer le niveau de sûreté atteint avec trois barrières ? Ainsi, je crois que, aujourd'hui, le choix de l'évolution est plus sage à tous les niveaux : économique, industriel, sûreté, etc.

Bien évidemment, il peut s'avérer intéressant, voire nécessaire, à plus long terme, de développer de nouveaux systèmes qui répondent à de nouveaux besoins. Les objectifs de Génération IV sont clairs : valoriser de nouvelles ressources (uranium 238 ou thorium) et réduire d'un ordre de grandeur les déchets à vie longue, dans la perspective d'un fort développement de l'énergie nucléaire dans le monde. Pour atteindre ces objectifs, il faudra innover, ce qui demandera du temps et beaucoup de travail. ☉

NOTE

1. En Afrique du Sud, la compagnie nationale d'électricité, Eskom, travaille sur un projet de réacteur à haute température modulaire, le PBMR (voir *Fusion 106*). [Ndlr]