

Prototype expérimental de 20 Mē

RAPSODIE: premi française au plu



Non loin du confluent de la Durance et du Verdon, à 38 km d'Aix-en-Provence, le

Le réacteur Rapsodie, qui vient d'être mis en service, est le premier en France d'une nouvelle génération de centrales nucléaires capables de produire leur propre combustible — du plutonium — à partir de l'uranium naturel.

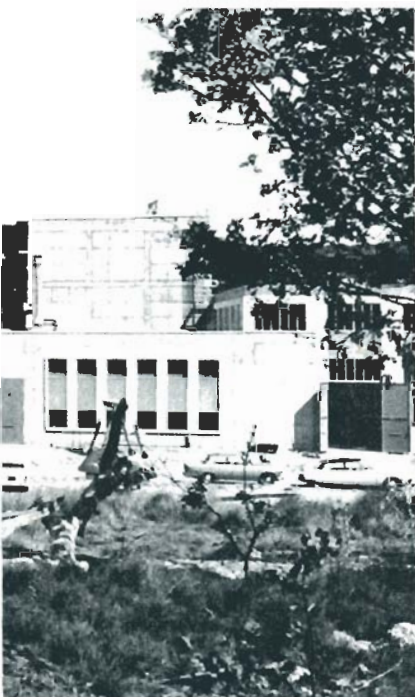
Le 28 janvier dernier, à Cadarache, le réacteur Rapsodie entrait en divergence. Avec ce premier prototype expérimental, la France emprunte la voie des « réacteurs surrégénérateurs », ces centrales nucléaires de l'avenir qui, tout en produisant de l'énergie, fabriqueront plus de combustible qu'elles n'en consommeront.

Un paradoxe qui s'éclaire si l'on compare les « surrégénérateurs » aux centrales nuclé-

aires actuelles. Qu'elles appartiennent à la « filière française » à uranium naturel, ou à la « filière américaine » à uranium enrichi, les centrales d'aujourd'hui ne « brûlent » qu'une infime fraction de leur combustible : les 0,7 % d'uranium 235 contenus dans l'uranium naturel, soit 7 kg par tonne. Le reste, l'uranium 238 est inutilisable, parce qu'il n'est pas fissile. C'est dire que les centrales actuelles « gaspillent » 993 kg d'uranium par tonne. Pas tout à fait, cependant. Car, sous l'effet de l'irradiation produite par la fission de l'uranium 235, la majeure partie de cet uranium 238 se transforme en un nouvel élément hautement fissile : le plutonium 239. Mais les centrales actuelles ne sont pas conçues pour « brûler » ce plutonium, qui ne trouve d'utilisation que dans la fabrication des bombes.

Premier intérêt des « surrégénérateurs » : eux, c'est à partir de la fission du plutonium

ère pile tonium

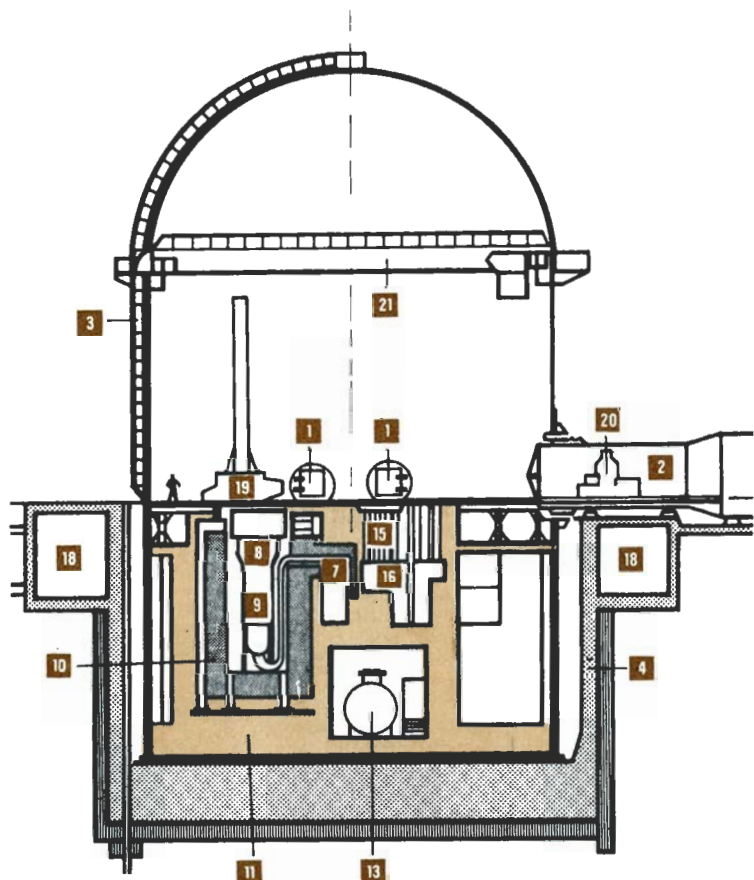


P. Jahan - C.E.A.

site de Cadarache et la pile Rapsodie.

qu'ils produiront de l'énergie. Ainsi, ils utiliseront indirectement cet uranium 238 actuellement perdu pour la production d'énergie. En même temps, ils produiront leur propre combustible : le « cœur » de plutonium sera enrobé d'une « couverture » d'uranium 238. Sous l'effet de la fission du « cœur », cette « couverture » se transformera progressivement en plutonium. Voilà le « miracle » éclairci : la « fission du cœur », tout en libérant de l'énergie, produira plus de plutonium qu'elle n'en usera. Ainsi, de recyclage en recyclage, les « surrégénérateurs » transformeront en énergie la quasi totalité de cet uranium 238 actuellement inutilisable.

Voilà pourquoi ils représentent la seule solution d'avenir. Avec les centrales actuelles, la « relève » de l'énergie nucléaire ne durerait pas longtemps. S'il n'y a pas encore de « crise » de l'uranium, c'est que les centrales nucléaires n'interviennent aujourd'hui que



- 1 Sas personnel
- 2 Sas matériel
- 3 Enceinte étanche
- 4 Cuvelage
- 5 Échangeurs
- 6 Pompes
- 7 Circuits de sodium
- 8 Cuve
- 9 Cœur
- 10 Graphite
- 11 Béton
- 12 *Réservoir de trop-plein de sodium*
- 13 *Réservoir de stockage de sodium*
- 14 *Purification du sodium*
- 15 Bloc de transfert des assemblages
- 16 Dispositif d'examen des combustibles
- 17 *Puits de désactivation*
- 18 Galerie périphérique
- 19 Hotte primaire
- 20 Hotte secondaire
- 21 Pont roulant

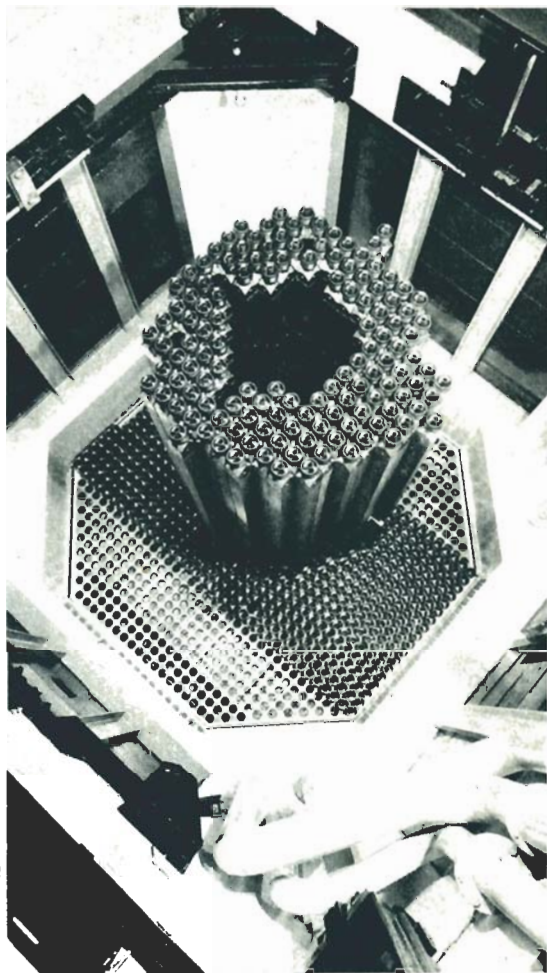
Les éléments en italiques n'apparaissent pas sur cette coupe

pour une faible part dans la production d'électricité. On estime qu'en 1970, elles ne fourniront que 10 % de l'énergie électrique en Grande-Bretagne, 7,5 % en France et 2 % aux U.S.A. Mais dans le dernier quart de siècle, l'épuisement des ressources énergétiques classiques transformera complètement la situation. Dès 1973, l'E.D.F. ne construira plus que des centrales nucléaires et, selon les prévisions d'Euratom, en l'an 2000, 80 % des centrales seront de ce type. Un objectif qu'il serait impossible d'atteindre avec les centrales actuelles. Par manque d'uranium. On estime aujourd'hui à 500 000 tonnes les réserves d'uranium exportables au prix de revient actuel. Cela ne représente que 3 500 tonnes d'uranium 235, le seul combustible des centrales en fonctionnement. En l'absence des « surrégénérateurs », la pénurie commencerait à se faire sentir en 1985.

Voilà pourquoi toutes les puissances nucléaires sont aujourd'hui engagées dans la voie des « surrégénérateurs ». En même temps qu'elle assure l'avenir, elle donne une rentabilité nouvelle aux centrales actuelles : celles-ci ne « gaspillent » plus l'uranium 238 dès lors qu'elles le transforment en ce plutonium qui servira à alimenter les premiers « surrégénérateurs ». Dans cette optique, la filière française marque un point sur sa concurrente américaine à uranium enrichi : elle produit en effet davantage de plutonium.

Un réacteur " Rapide-Sodium "

Voilà pour la théorie. En pratique, l'avènement des surrégénérateurs n'est pas si simple. Leur réalisation pose en effet des problèmes technologiques très délicats. Longtemps le plutonium a eu très mauvaise réputation chez les atomistes. Spontanément, il est plus hautement fissile que l'uranium 235, donc plus délicat à manier. En outre les surrégénérateurs se distinguent des réacteurs actuels par l'absence de « modérateur » de neutrons. Pour faire diverger les réacteurs des filières existantes, il faut en effet ralentir les neutrons au moyen de corps « légers », tels que l'eau ou graphite. Lorsque l'eau est choisie, elle sert en même temps de fluide « caloporteur », c'est-à-dire que c'est elle qui recueille et transporte la chaleur libérée par la fission. Dans les surrégénérateurs, le « cœur » hautement fissile peut diverger sans ralentissement de neutrons : c'est d'ailleurs ce qui leur permet une bien meilleure transformation de la couverture d'uranium 238 en plutonium. Et c'est ce qui pose un problème dans le choix du caloporteur. Ce ne peut être un corps léger, tel que l'eau, qui ralentirait les neutrons. Aussi a-t-on généralement choisi des métaux fondus, excellents conducteurs thermiques, ce qui accroît le rendement du réacteur. Pour Rapsodie, c'est le sodium fondu qui a été choisi. L'on comprend maintenant l'origine de son nom et son orthographe singulière : Rapsodie est la contraction de Rapide Sodium. Mais le sodium, lui aussi, n'est pas facile à manier. Au contact de l'air,



La Photothèque

Le cœur de Masurca, maquette d'étude de la filière neutrons rapides.

il se transforme en soude extrêmement corrosive. Au contact de l'eau, il s'enflamme.

Autant de problèmes qui expliquent le petit nombre de réalisations actuelles. Car l'idée des réacteurs surrégénérateurs n'est pas nouvelle. Aux U.S.A., la première pile rapide date de 1946. Aujourd'hui pourtant, ils n'ont que trois prototypes dont le plus puissant, baptisé Enrico Fermi, est actuellement arrêté. Les Soviétiques sont un peu plus avancés. Depuis 1954, ils ont en fonctionnement un petit réacteur surrégénérateur, et ils ont maintenant entrepris la construction, sur les bords de la mer Caspienne, d'un prototype de 350 mégawatts électriques. La moitié de cette énergie servira à produire 1 300 tonnes d'eau douce à l'heure par distillation de l'eau de mer.

Actuellement, c'est la Grande-Bretagne qui paraît la plus avancée dans la technologie des



Hall des essais de Rapsodie. Maquette du bloc pile : cuve et réservoir de charge.

surrégénérateurs. Outre-Manche, on les nomme « breeders ». Depuis 1963, les Anglais étudient le fonctionnement d'un « breeder » expérimental installé à Dounreay, en Ecosse. C'est également là qu'ils ont décidé, l'an dernier, de construire un prototype de 250 mégawatts électriques.

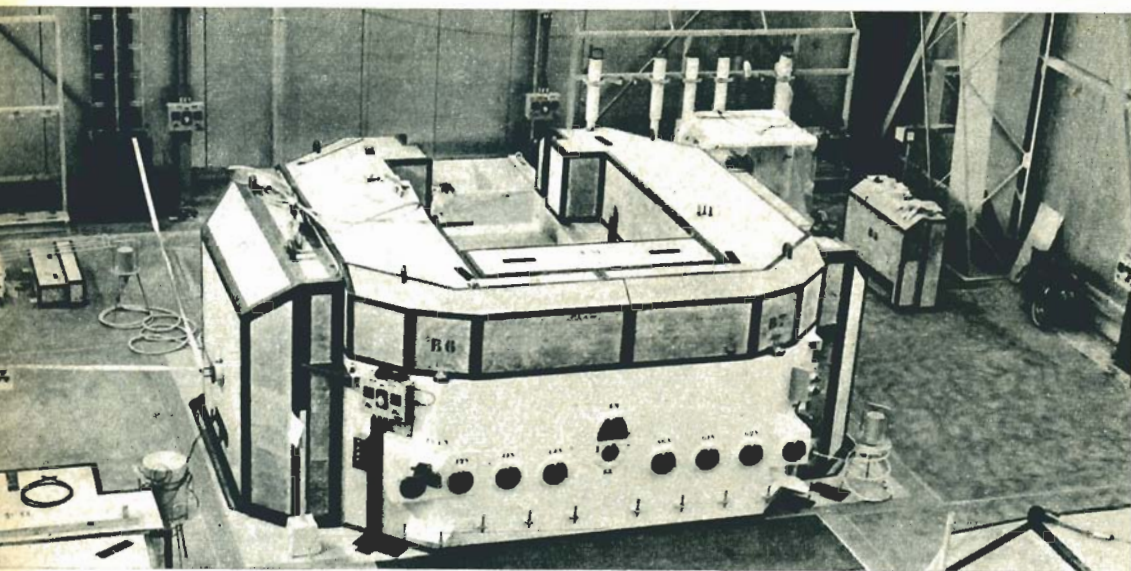
Le blocus de plutonium

Ils ont ainsi une bonne longueur d'avance sur les pays de l'Europe continentale, autrement dit les pays d'Euratom. En France, les premières études sur les surrégénérateurs ont pourtant commencé en 1957. Mais, soucieux de récupérer une partie de sa « mise » à Euratom, en 1962, le gouvernement décidait que le programme français « neutrons rapides » serait réalisé dans le cadre d'un contrat d'association avec l'organisme de l'Europe des Six.

Ce programme prévoyait la construction de trois réacteurs, installés à Cadarache et actuellement terminés. Le premier, Harmonie, est un petit réacteur à uranium enrichi.

Inauguré en août 1965, il sert uniquement de source à neutrons rapides pour des essais technologiques. Puis vint Masurca, une « maquette » de cœur : elle doit permettre de simuler et d'étudier les diverses manières de disposer le plutonium. En dernier a démarré Rapsodie, notre premier prototype expérimental de « surrégénérateur » de 20 mégawatts électriques.

A sa naissance, le contrat d'association avec Euratom était échu depuis un mois. Il n'a pas encore été renouvelé, et l'on peut se demander s'il le sera après l'incident Masurca. On se souvient qu'en automne dernier, Euratom refusait soudain de livrer le plutonium nécessaire au démarrage de ce réacteur. Il



**Le réacteur-source Harmonie :
il fournit un flux stable
de neutrons rapides
pour la mise au point
et l'étalonnage des instruments de mesure
utilisés sur les maquettes critiques.
C'est un réacteur
de faible puissance (2 kW environ),
fonctionnant à l'uranium enrichi.
Le cœur peut être sorti
de son blindage de protection.**

fallut six semaines pour lever le « blocus ». Un incident qui ne faisait que traduire la profonde détérioration d'Euratom. Le fond du problème c'est que, en raison de l'intérêt industriel en jeu, aucun pays n'accepte de bon gré de concentrer les efforts sur un programme réalisé hors de ses frontières. De fait, les Allemands poursuivent un programme de « surrégénérateurs » rigoureusement parallèle au nôtre. Egalement en association avec Euratom. Quant aux autres pays, ils rêvent aussi d'avoir « leur » programme. De sorte que l'on ne voit plus très bien l'intérêt de l'association dès lors que chaque pays tient à son programme national.

Qu'Euratom soit ou non associé à la suite des travaux sur Rapsodie, ce qui est certain, c'est que l'étape suivante sera exclusivement française. Cette étape prévoit l'équivalent du programme anglais : la construction, en 1969, d'un prototype de 250 mégawatts électriques symboliquement baptisé Phœnix. Pour tous les pays en cause, l'objectif final est la réalisation, aux alentours de 1980, de centrales industrielles de 1 000 mégawatts électriques.

La France y parviendra-t-elle ? On peut se demander si nos industries, défaillantes à Chinon et à Chooz, sauront faire face aux pro-

blèmes technologiques infiniment plus délicats posés par la réalisation de centrales « surrégénératrices ».

On peut aussi se demander avec quel plutonium la France réalisera Phœnix. Pour les 90 kg de plutonium qui alimentent Rapsodie, elle a du faire appel aux Anglais. Quant aux 180 kg de Masurca, ils ont été achetés aux Américains par l'intermédiaire d'Euratom. Non pas que la France ne produise pas de plutonium. Au mois de juin dernier était inauguré l'usine de la Mague, destinée à extraire le plutonium des barreaux d'uranium irradiés dans les centrales de Chinon. Mais priorité fut accordée à la « bombe ». Pourtant, avec une production qui dépasse déjà la tonne par an, il était prévu que la Mague fournirait les quelques 600 kg de plutonium destinés au « cœur » de Phœnix. C'était compter sans la « longue panne » d'E.D.F. 3, qui va diminuer notre production. Et c'était compter sans le « Plan Pluton » par lequel M. Messmer a décidé de doter l'armée de terre d'armements nucléaires tactiques. Menacés de chômage par la « force de frappe », les militaires traditionnels ont réclamé et obtenu leur petite panoplie nucléaire en contradiction avec la doctrine de la dissuasion, puisqu'elle ne peut servir qu'à « l'escalade ». Moyennant quoi l'on ne sait plus s'il restera assez de plutonium pour Phœnix.

Selon la thèse officielle, le choix de l'actuelle filière à uranium enrichi se justifie par ce qu'elle nous évite d'acheter de l'uranium enrichi aux Américains et qu'elle produit du plutonium pour les surrégénérateurs. Il se justifie beaucoup moins si nous devons, en fin de compte, acheter aux Anglais ou aux Américains le plutonium de Phœnix.

J. GIRAUD