

bilan de l'exploitation des réacteurs de puissance

Une étape vient d'être franchie
en mars dernier avec la mise en service
du centième réacteur de
puissance dans un pays membre de
l'Agence internationale de l'énergie atomique,
et cela presque 17 ans après
l'inauguration en URSS du premier
réacteur de puissance,
le réacteur APS, en mai 1954;
on prévoit, en revanche,
que les cent prochains réacteurs de
puissance seront mis en service
au cours des quatre prochaines années.

A la fin de 1970, 98 réacteurs industriels fonctionnaient dans les pays membres de l'Agence (fig.1) et représentaient une puissance totale de 20 000 mégawatts électriques, totalisant 685 années d'exploitation. L'énergie totale produite jusqu'alors atteignait 350×10^9 kWh, avec un remarquable dossier de sécurité.

L'expérience acquise avec les centrales nucléaires au cours de la décennie écoulée a été précieuse, car elle a permis d'améliorer la fiabilité et la sécurité des installations. Il y eut au début des difficultés, comme toujours lorsqu'il s'agit d'un matériel nouveau et d'une technologie de pointe, d'autant que la taille moyenne des unités augmentait rapidement pour des raisons économiques. Il a donc fallu que l'expérience acquise avec les premières installations de taille inférieure soit extrapolée d'un facteur multiple.

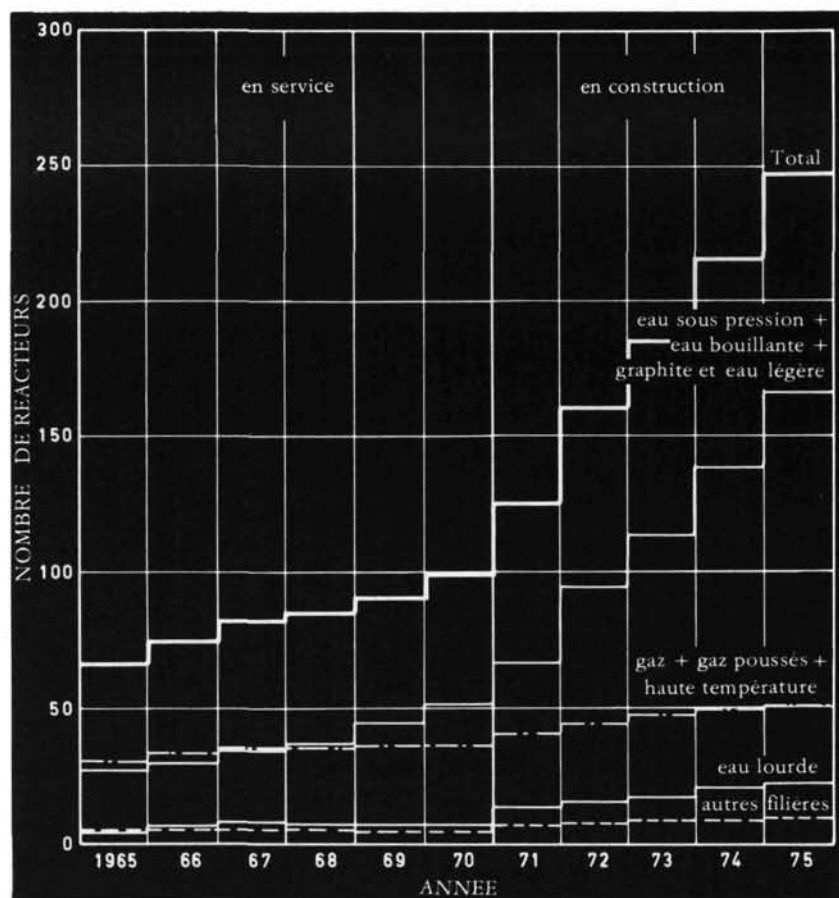


Fig. 1. Nombre de réacteurs de puissance en service ou dont la mise en service est prévue

On s'attend que d'ici 1975 un assez grand nombre de grandes centrales nucléaires (la plupart équipées de réacteurs d'une puissance nominale se situant entre 500 et 1200 mégawatts électriques) seront mises en service. Dans de nombreux cas, il s'agira de filières éprouvées, ce qui permettra d'utiliser directement l'expérience acquise avec les premiers exemplaires, dans l'intérêt de l'économie et de la fiabilité. Cet avantage est fort appréciable, car les compagnies d'électricité exigent des normes élevées de performance. Comme les fabricants ne sont plus disposés à mettre sur le marché des installations toutes prêtes à des prix avantageux et doivent se conformer à des réglementations de plus en plus sévères, le rythme des commandes de nouvelles centrales dépendra de nombreux facteurs, notamment des performances des installations en service.

Dans le cadre de ses activités intéressant l'énergie d'origine nucléaire, l'Agence fait une large place à la documentation provenant de l'exploitation des centrales nucléaires et publie chaque année une monographie sur l'expérience du fonctionnement des centrales nucléaires dans les pays Membres. A cette fin, outre le dépouillement de toutes les publications techniques pertinentes, on fait appel à un réseau des correspondants nationaux officiellement désignés par les autorités des Etats Membres possédant des centrales nucléaires en service. Ces correspon-

dants sont chargés de se procurer les renseignements disponibles auprès des différentes sources nationales et, lorsqu'il en est ainsi convenu, les compagnies elles-mêmes ou d'autres groupes fournissent directement une documentation à l'Agence.

Le premier volume annuel contenant cette documentation pour 1969 a été publié par l'Agence dans sa collection «Rapports techniques» sous le numéro IAEA-127. Le volume de 1970 est en préparation et paraîtra prochainement. En outre, l'Agence favorise les réunions pour l'échange d'expériences et de renseignements. Un colloque sur les performances des composants de réacteurs de puissance a eu lieu à Prague en novembre 1969; les comptes rendus de cette réunion ont été publiés.

Le rapport IAEA-127 décrit l'expérience acquise avec chacun des réacteurs qui ont été mis en service pendant la décennie écoulée. L'essentiel des renseignements sur les principales filières est repris dans le présent article; les opinions exprimées sont celles des divers membres du Secrétariat de l'Agence qui ont participé à la rédaction de l'ouvrage.

Réacteurs à eau légère

Les réacteurs à eau légère (réacteurs à eau bouillante ou sous pression et réacteurs refroidis à l'eau et modérés au graphite) ont pris un essor rapide dans les années 1960 et l'on pense qu'ils seront les plus demandés pour les programmes d'équipement nucléaire des dix prochaines années (fig. 1). A la fin de 1970, on comptait 51 unités en service, dont la production total atteignait 120×10^9 kilowattheures. Les unités en construction étaient au nombre de 125, totalisant une puissance installée d'environ 75 000 mégawatts électriques. La première génération de réacteurs à eau légère composée d'unités atteignant 250 mégawatts électriques, dont la plupart étaient des réacteurs expérimentaux ou prototypes, ont fait la preuve de la factibilité technique, de la sécurité et de la fiabilité des réacteurs à eau légère et ont fourni les bases d'une extrapolation à de plus grandes tailles et d'améliorations techniques. La disponibilité et le facteur de capacité* des installations de ce groupe ont été en moyenne de 70% et de 50% respectivement pendant les premières années. De nombreuses difficultés ont surgi dans ces centrales et d'importantes modifications ont dû être apportées à plusieurs d'entre elles. Ces travaux ont abouti à une très nette amélioration des performances. Les centrales Dresden-1, Yankee et Novo Voronej-1 sont parmi les installations à eau légère que l'on considère aujourd'hui comme tout à fait fiables: les arrêts forcés sont réduits et comparables à ceux des centrales classiques de leurs réseaux respectifs. Leur faculté de s'adapter aux variations de la charge est également excellente. L'expérience globale de leur exploitation montre que les difficultés dues à la partie nucléaire des installations sont de loin les moindres et que les cœurs et la conception physique des réacteurs ainsi que la conduite et la sécurité ont généralement donné satisfaction. Les principales difficultés ont été causées en grande partie par les parties classiques des installations et ont fait ressortir des défauts de conception et de construction, l'insuffisance du contrôle de la qualité et une

* La disponibilité est le rapport entre le temps pendant lequel une centrale a été en service au cours d'une période donnée et la durée de cette même période. Le facteur de capacité est le rapport entre la production moyenne d'une centrale et sa production autorisée pendant une période de référence.

mauvaise connaissance du comportement des matériaux. La plupart du temps, les avaries se sont produites au niveau des turbines à vapeur fonctionnant dans des conditions de saturation.

Le bilan de l'exploitation de la seconde génération de centrales à eau légère est moyen. Les problèmes qui ont surgis sont dus à l'augmentation considérable de la taille des unités, à l'adoption de diverses innovations et à l'insuffisance de la conception et du contrôle de la qualité. Les causes des difficultés ont été diverses: turbines, joints de certaines pompes d'évacuation, vibrations dans les écrans thermiques, vannes de contrôle et autres organes du circuit primaire, incendies de boîtes de raccordement, etc. La plupart de ces difficultés étaient dues au fait que le matériel était le premier du genre et on a pu rapidement les résoudre. En 1970, les facteurs de disponibilité ont été supérieurs à 80%.

Les réacteurs à eau légère de la troisième génération (par exemple la centrale Dresden-II, de 809 mégawatts électriques, et H.B. Robinson, de 700 mégawatts électriques) fonctionnent depuis peu ou en sont à divers stades de mise en service; les premiers rapports sont encourageants et montrent que l'industrie nucléaire et les compagnies d'électricité ont beaucoup appris de leur expérience avec les précédentes centrales nucléaires. En 1970, huit nouveaux réacteurs à eau légère ont été mis en exploitation et les compagnies d'électricité aussi bien que les fabricants vont suivre de près leur comportement, car il influera considérablement sur les prochaines commandes de réacteurs de cette filière.

Réacteurs à eau lourde

A la fin de 1970, sept réacteurs ralentis à l'eau lourde étaient en service et quinze autres totalisant 4500 mégawatts électriques étaient en construction. Cet ensemble comptait plusieurs variantes: réacteurs refroidis à l'eau lourde, à uranium naturel à tube de force ou à caisson étanche, réacteurs à uranium naturel et enrichi, refroidis à l'eau légère et à tubes de force, et réacteurs ralentis à l'eau lourde et refroidis au gaz carbonique. De cette série, seul le réacteur de 208 mégawatts électriques de Douglas Point est exploité commercialement. (Le réacteur Pickering-1 de 508 mégawatts électriques est devenu critique en mars 1971). Etant donné le petit nombre d'installations de cette catégorie construites jusqu'à présent et la dispersion de l'effort sur plusieurs variantes, l'expérience acquise avec chaque réacteur est relativement limitée en comparaison de celle dont on dispose avec les réacteurs à eau légère ou les réacteurs refroidis par un gaz. Cependant, la technologie des réacteurs à eau lourde étant très proche de celle des réacteurs à eau légère en ce qui concerne les matériaux et les composants, l'expérience acquise avec cette dernière filière peut rendre de grands services.

La centrale de Douglas Point a connu plusieurs difficultés imprévues depuis sa mise en service en janvier 1967, mais les diverses modifications qui ont été apportées depuis lors aux circuits primaires et aux autres ensembles ont amélioré sa performance. La disponibilité de la

La cuve du réacteur du troisième groupe de la centrale nucléo-électrique de Dresden (Morris, Illinois) est hissée jusqu'au sommet du bâtiment du réacteur après un voyage en péniche de plus de 1000 km depuis Mount Vernon (Indiana). Photo: Commonwealth Edison Company



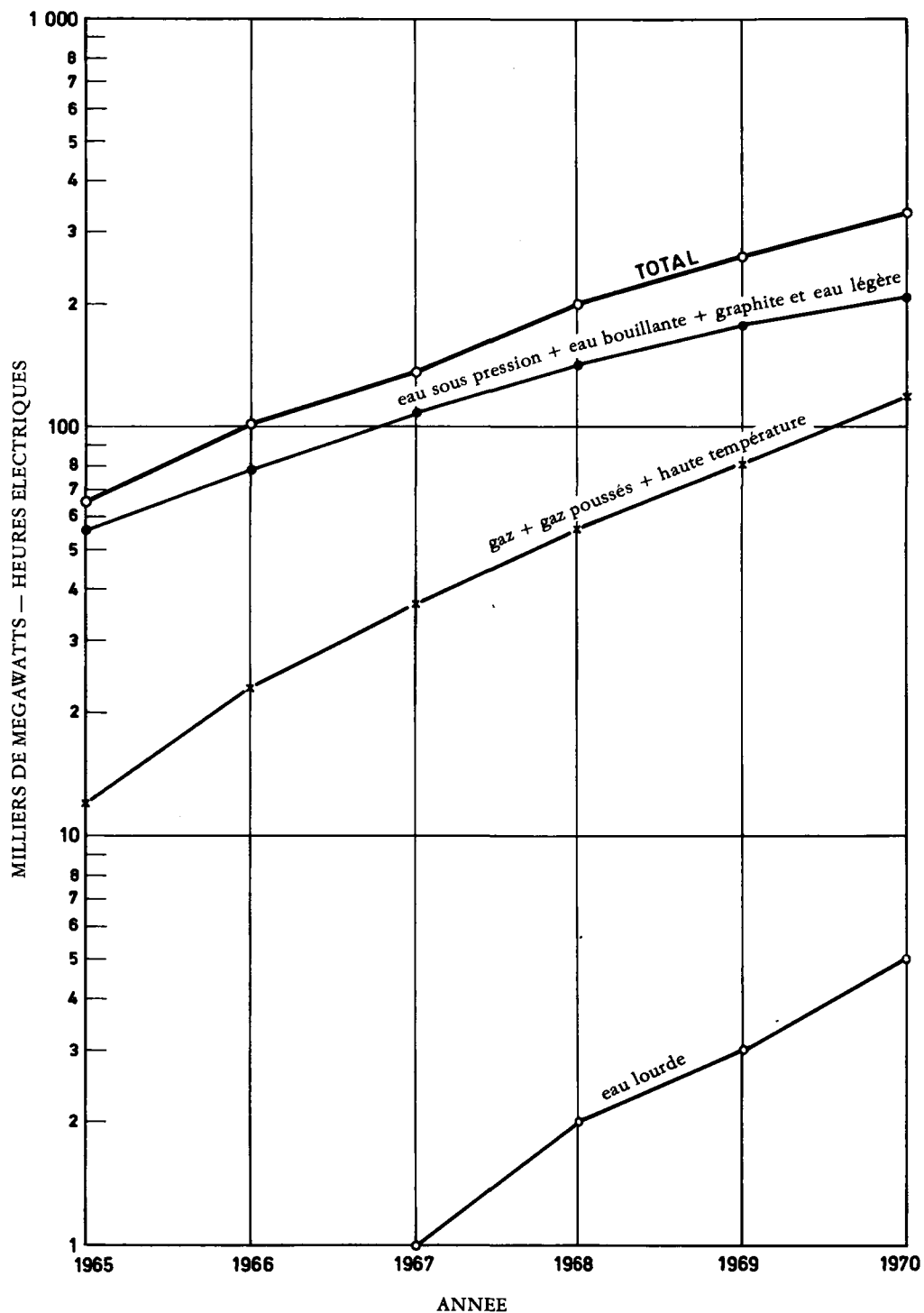


Fig. 2. Energie électrique d'origine nucléaire: chiffres cumulatifs

centrale a été de 60% en 1970. Les machines de chargement en marche des réacteurs NPD, Douglas Point, MZFR et SGHWR ont posé divers problèmes. L'usage a néanmoins porté ses fruits et le chargement en marche des réacteurs NPD et Douglas Point s'effectue maintenant couramment. Les fuites d'eau lourde de ces deux réacteurs ont été considérablement réduites. Ces fuites doivent être surveillées non seulement pour des raisons économiques mais à cause de la nuisance due au tritium. Il semble que les pertes d'eau lourde ne sont pas un problème majeur et que l'on peut y remédier.

En résumé, les réacteurs à eau lourde ont connu plusieurs difficultés dues aux organes mécaniques, dont la plupart ont été résolues. Les quelques prochaines années, au cours desquelles les trois autres unités de Pickering de 508 mégawatts électriques et les quatre unités de Bruce de 750 mégawatts électriques et d'autres encore seront mises en service, seront décisives et permettront de conclure si ce type de réacteur est compétitif par rapport au réacteur à eau légère.

Réacteurs ralentis au graphite et refroidis par un gaz

Cette catégorie comprend les réacteurs à uranium naturel ralentis au graphite et refroidis au gaz carbonique, les réacteurs poussés à uranium enrichi refroidis par un gaz et les réacteurs à haute température refroidis à l'hélium. A la fin de 1970, les 33 réacteurs ralentis au graphite et refroidis au gaz carbonique totalisaient 263 années d'exploitation, soit plus que n'importe quelle autre filière à la même époque. A l'exception des réacteurs Calder Hall, Chapelcross et G-2/G-3, toutes ces unités ont été construites pour un usage industriel, quoique les réacteurs Chinon-1, 2 et 3 ont également servi à des expériences, notamment pour l'étude d'éléments combustibles perfectionnés. L'expérience acquise avec ces installations montre qu'elles peuvent d'une manière générale atteindre des facteurs élevés de disponibilité et de capacité.

Les principales sources de difficultés ont été les circulateurs de gaz, les échangeurs de chaleur et le matériel de manutention du combustible. Les problèmes posés par les circulateurs et les échangeurs de chaleur ont pu être assez facilement résolus dans la plupart des cas. Le chargement en marche est un avantage économique, mais il a fallu plus longtemps pour mettre au point les machines de chargement et obtenir d'elles des performances constantes, ce qui a bien souvent retardé les opérations de chargement. Ce matériel est maintenant bien amélioré.

Le problème le plus récent qu'ont posé les filières refroidies au gaz carbonique est que la corrosion de l'acier au carbone a été plus rapide que l'on ne pensait (dans certains cas également la composition de l'acier utilisé n'était pas strictement spécifiée), notamment des écrous, des boulons et des serre-joints situés au-dessus du cœur et exposés au gaz à haute température. Ce défaut a obligé à abaisser de 10°C les températures d'exploitation de plusieurs réacteurs Magnox au Royaume-Uni, entraînant une réduction de puissance de 13%. On procède actuellement à une étude approfondie des causes de cette corrosion et des moyens d'y remédier.

Les réacteurs à uranium naturel refroidis au gaz carbonique ont accumulé une longue expérience et leur exploitation est maintenant une routine pour la plupart; toutefois, on ne construira plus de réacteurs de ce type pour des raisons économiques. Les essais du prototype de réacteur poussé refroidi par un gaz de Windscale ont donné de bons

résultats, notamment des facteurs élevés de disponibilité, mais on attend la mise en service du premier grand réacteur de ce type pour voir comment il se comporte. Quant aux réacteurs à haute température, les unités expérimentales comme Peach Bottom-1 (40 mégawatts électriques) AVR (14 mégawatts électriques) et Dragon (20 mégawatts électriques) ont fonctionné de manière satisfaisante, tandis que la mise en service prévue pour 1971 du réacteur de 330 mégawatts électriques de Fort Saint-Vrain marquera une étape importante dans l'évolution de cette filière.

Conclusions

Après des périodes plus ou moins longues de mise au point et de modification, les centrales nucléaires commencent à s'affirmer comme des installations fiables. Dans de nombreux cas, leur disponibilité se compare à celle des centrales thermiques classiques. Toutefois, pour que l'on puisse pleinement tirer parti de leurs moindres frais d'exploitation, il ne suffit pas que les centrales nucléaires aient un rendement aussi bon que celui des centrales à combustible fossile; il faut encore qu'elles atteignent des facteurs de capacité supérieurs. La plus grande disponibilité qu'elles doivent également atteindre exigera un programme intense d'analyse de l'expérience acquise, ainsi qu'un effort continu dans le domaine des études et réalisations. On est largement d'accord sur la nécessité d'échanger les résultats de l'expérience obtenue avec les centrales nucléoélectriques et les autorités de l'énergie atomique, les fabricants de réacteurs et les compagnies d'électricité s'intéressent vivement à la question.

Les nouveaux projets de centrales nucléo-électriques représentent actuellement quelque 5 à 6 milliards de dollars par an et l'on pense que ce chiffre aura doublé vers la fin de la décennie en cours. De par son importance même, ce volume d'investissements souligne la nécessité d'une collaboration plus étroite entre tous les groupes intéressés en ce qui concerne les performances de ces centrales, en particulier pour assurer la continuité des services et la sécurité. Le rôle d'une organisation internationale comme l'AIEA consiste à seconder les efforts déployés à l'échelon national et régional et à encourager l'échange d'expérience pratique sur le plan international, afin que les exploitants de centrales nucléaires et les fabricants puissent bénéficier sans retard des leçons de l'expérience dans les divers pays. L'Agence envisage d'activer la collecte et la diffusion de renseignements sur l'exploitation des réacteurs de puissance dans les Etats Membres.

Dosage d'éléments à l'état de traces dans des spécimens de cheveux;
au laboratoire d'Aldermaston (Royaume-Uni) des échantillons irradiés
sont placés dans un spectromètre gamma automatique. Photo: Atomic Energy Authority du Royaume-Uni