

et le deuxième en 1964, à Athènes. Les statistiques suivantes montrent bien les progrès rapides de la scintigraphie au cours de ces années: en 1959, il y avait environ 40 participants et 14 mémoires ont été présentés; en 1964, 160 participants ont entendu 56 communications; en 1968, 115 mémoires ont été présentés à plus de 400 participants envoyés par 36 pays et cinq organisations internationales; la réunion prévue pour cinq jours a dû être prolongée de trois jours. Le compte rendu des deux premiers colloques est parmi les publications de l'Agence les plus demandées; le compte rendu du troisième colloque sera publié en 1969.

La scintigraphie est en plein essor dans maints pays en voie de développement, aussi bien que dans les pays très industrialisés. Certains gouvernements ont appris à connaître cette méthode grâce à l'assistance technique de l'Agence et à des contrats de recherche. Des travaux sont également effectués au Laboratoire de l'Agence qui compare les performances des appareils et normalise leur réponse.

---

## L'AVENIR DES REACTEURS REFROIDIS PAR UN GAZ

Dans une dizaine d'années, les centrales nucléaires produiront près de 30 fois plus d'électricité que maintenant. La demande continuera d'augmenter. Les spécialistes qui travaillent au perfectionnement des réacteurs refroidis par un gaz sont convaincus que ceux-ci pourront aider à satisfaire les besoins futurs.

Les réacteurs poussés à haute température refroidis par un gaz dérivent des premiers réacteurs à uranium naturel et graphite, refroidis par l'anhydride carbonique, qui ont permis de produire pour la première fois de grandes quantités d'électricité d'origine nucléaire.

Les partisans des nouveaux types de réacteurs appartenant à cette filière ont pu donner les raisons de la confiance que ceux-ci leur inspirent lors d'un colloque organisé par l'Agence à Juliers, dans la République fédérale d'Allemagne, à la fin du mois d'octobre. Près de 400 scientifiques et ingénieurs de 24 pays et sept organisations internationales, soit le double environ du nombre de participants prévu à l'origine, assistaient à la réunion.

Les discussions ont porté en grande partie sur l'expérience acquise grâce au réacteur d'essai AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor) de la République fédérale, qui est entré en service en 1966 et dont la puissance a pu atteindre 15 mégawatts électriques, sur le réacteur DRAGON, résultat d'une coopération européenne, qui fonctionne depuis 1964 et dont la puissance de pointe est de 20 mégawatts électriques, et sur le réacteur de Peach Bottom, à Philadelphie, dont la puissance installée est de 40 mégawatts électriques et qui fonctionne depuis 1966. Il a également été question du réacteur à gaz poussé britannique, qui sera bientôt intégré à d'importants ensembles de production d'énergie.

## RENTABILITE

Il est maintenant évident qu'un certain nombre de perfectionnements contribueront à améliorer la sûreté, le rendement et la rentabilité de cette filière. On a également affirmé que l'introduction de turbines à gaz fonctionnant à l'hélium ou à l'anhydride carbonique permettra une réduction des dépenses d'investissement de l'ordre de 15%.

Un grand progrès a été la mise au point d'une méthode préconisée pour DRAGON et maintenant adoptée dans beaucoup d'autres réacteurs, qui consiste à revêtir les particules de combustible nucléaire d'une couche de carbone ou de carbure de silicium, ou des deux. Ce revêtement empêche les fuites des produits de fission formés lorsque le réacteur fonctionne. Des essais effectués dans le réacteur DRAGON ont montré que le procédé est efficace à des températures atteignant 2000°C, bien supérieures à la température maximale de fonctionnement prévue, qui est de 1250°C.

M. Joachim Pretsch, Chef de la Division de la recherche nucléaire et des techniques de calcul électronique au Ministère de la recherche scientifique de la République fédérale d'Allemagne, a prédit au début du colloque que les réacteurs poussés à haute température refroidis par un gaz joueraient un grand rôle dans la production future d'électricité. Les conceptions nouvelles et les réalisations de pointe, l'emploi des turbines à gaz et le perfectionnement des composants, du matériel, des éléments combustibles et des matériaux sont autant de progrès parmi les plus significatifs et les plus passionnants pour l'avenir et les problèmes du cycle du combustible seront étudiés avec encore plus de soin qu'ils ne le sont maintenant.

Tout en se félicitant de l'intérêt considérable suscité par l'étude des réacteurs refroidis par un gaz, M. Bernard Spinrad, Directeur de la Division de l'énergie d'origine nucléaire et des réacteurs de l'AIEA, a rappelé qu'il y a deux problèmes importants à résoudre. D'une part, l'échange de chaleur entre le combustible et le fluide caloporteur s'effectue moins bien que dans les réacteurs refroidis par un liquide; par conséquent, le combustible doit être plus chaud si l'on veut obtenir les mêmes performances. D'autre part, le réacteur refroidi par un gaz ne dispose pas d'un réservoir de fluide caloporteur tel que l'on puisse facilement évacuer de grandes quantités de



Site du réacteur DRAGON à Winfrith Heath (Angleterre). Ce réacteur, construit grâce à la collaboration de l'Autriche, du Danemark, de la Norvège, du Royaume-Uni, de la Suède, de la Suisse et de la Commission de l'EURATOM, fonctionne depuis 1964; il a fourni des renseignements très utiles pour la planification. (Photo Atomic Energy Authority du Royaume-Uni)

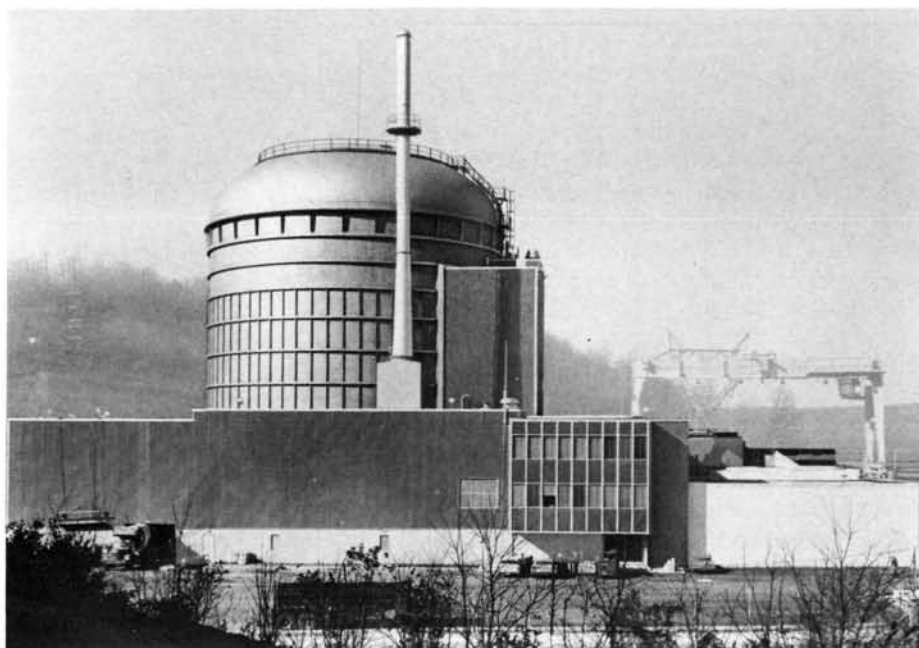
---

chaleur par convection naturelle en cas d'urgence. Heureusement, ces inconvénients sont compensés par une meilleure compatibilité des gaz caloporteurs avec les matériaux des réacteurs et par une faible absorption des neutrons. Si l'on en juge par la position compétitive que se sont assurée les réacteurs refroidis par un gaz, on peut dire que le défi technologique a été relevé.

## SECURITE

Au cours des discussions, on a accordé une grande attention aux impératifs de sécurité et plusieurs participants ont souligné qu'il fallait déployer beaucoup d'efforts pour assurer d'excellentes performances pour tout le matériel classique, sans toutefois négliger à aucun moment les problèmes de sécurité nucléaire.

En ce qui concerne le réacteur de Peach Bottom, le bilan est positif pour les performances du combustible; un réacteur appartenant à la même filière sera utilisé dans une grande centrale nucléaire.



Vue générale de la centrale de Peach Bottom (Etats-Unis d'Amérique); le réacteur à haute température, refroidi par un gaz, de 40 MW fonctionne depuis 1966. (Photo General Dynamics, Etats-Unis)

---

Dans le réacteur AVR, des particules enrobées sont incorporées à des sphères de combustible de 6 cm de diamètre qui circulent à l'intérieur du réacteur. On pense entreprendre l'année prochaine la construction dans la République fédérale d'Allemagne d'une nouvelle centrale de 300 mégawatts sur le modèle d'AVR. Une autre centrale plus petite à réacteur à haute température refroidi par un gaz, actuellement en construction, doit servir à démontrer la possibilité d'utiliser une turbine à gaz fonctionnant à l'hélium.

Les discussions ont également porté sur l'expérience acquise en matière d'exploitation et de construction des réacteurs, sur les nouveaux projets de réacteurs poussés et sur la rentabilité et l'avenir des réacteurs refroidis par un gaz.

Le dernier jour, un groupe de participants s'est réuni sous la présidence de M. Spinrad pour étudier et commenter les renseignements qui avaient été communiqués au cours de la semaine. Il était composé de M. K. Wirtz (République fédérale d'Allemagne), M. C.A. Rennie (ENEA, ancien directeur du projet Dragon), M. B.E. Eltham (Royaume-Uni) et M. Donald B. Trauger (Etats-Unis).

De l'avis de M. Eltham, le réacteur à gaz poussé britannique constitue une étape essentielle en permettant d'augmenter la puissance et la température des réacteurs. Ce type de réacteur est certainement à l'heure actuelle le plus sûr à un prix qui reste compétitif; il permet pour la première fois d'envisager l'implantation en zone urbaine. En fait, la dernière commande de réacteur passée au Royaume-Uni concernait l'installation d'une filière de cette nature à proximité d'une grande ville. Les réacteurs refroidis par un gaz s'améliorent constamment et des filières de petite, moyenne et grande taille ont été mises au point. Huit réacteurs poussés refroidis par un gaz actuellement en construction au Royaume-Uni ont une puissance installée de 625 mégawatts chacun.

D'après M. Rennie, il est évident que des versions commerciales de réacteurs à haute température existent dès à présent et que des appels d'offres pourront bientôt être lancés en vue de leur construction. La technologie de l'hélium paraît établie et ne pose pas de problèmes insurmontables. Avec l'utilisation de cuves à pression en béton précontraint, il est devenu possible d'envisager d'installer les réacteurs à proximité des centres urbains et le fait qu'une moins grande quantité d'eau de refroidissement est nécessaire comporte des avantages. D'après l'opinion générale recueillie par M. Rennie, la mise au point de l'enrobage des particules progresse de manière satisfaisante et, d'après les essais actuels, il y resterait une marge à des températures de marche maximales de 1250°C. Les futures études sur les réacteurs à haute température consisteront surtout en essais de combustible, et il faudra en assurer le financement. Le projet Dragon a désormais un caractère international et des travaux importants sont exécutés à ce titre en Allemagne et aux Etats-Unis. De l'avis de M. Rennie, on peut considérer que l'exploitation commerciale du réacteur à haute température est imminente: il est maintenant possible de passer des commandes avec la certitude que la mise au point du combustible sera terminée en temps opportun.

Le professeur Wirtz a présenté les résultats d'études faites à Karlsruhe sur plusieurs types de réacteurs considérés de différents points de vue - prix de revient du kilowatt-heure, utilisation du combustible, perspectives à long terme et possibilités techniques de réalisation. D'après ces résultats, le réacteur à haute température utilisant le thorium pourrait s'assurer une bonne place sur le marché, et même concurrencer les surgénérateurs à neutrons rapides.

A propos des études faites au Laboratoire national d'Oak Ridge, M. Trauger a déclaré que les impératifs de sécurité ont une importance primordiale et que des études se poursuivent activement sur les méthodes qui permettraient d'évacuer la chaleur en cas d'urgence. A son avis, ces méthodes pourraient tirer parti du rendement thermique élevé du réacteur à haute température refroidi par un gaz, ainsi que de sa souplesse du point de vue du combustible et de la charge.

En conclusion, M. Spinrad a déclaré que l'enrobage des particules de combustible permet d'obtenir les hautes températures nécessaires pour compenser l'insuffisance de l'échange de chaleur dans les réacteurs refroidis par un gaz et a exprimé, au nom de tous les participants, l'espoir que les progrès continueront.