

EXPERIENCE PRATIQUE DU FONCTIONNEMENT DES REACTEURS DE PUISSANCE

Les principales filières de génératrices nucléaires actuellement en service ont, dans l'ensemble, donné des résultats satisfaisants et les problèmes qui ont surgi de temps à autre dans les centrales nucléaires sont imputables, pour la plupart, aux éléments "classiques" des installations. Telle est l'une des conclusions générales auxquelles a abouti la Conférence internationale sur l'expérience pratique du fonctionnement des réacteurs de puissance, organisée par l'AIEA, qui s'est tenue du 4 au 8 juin 1963 à Vienne.

Cette conférence, qui a groupé près de 250 savants et ingénieurs de 27 pays et de cinq organisations internationales, a été l'une des plus grandes réunions scientifiques qu'ait convoquées l'Agence, et la première de cette nature qu'une institution internationale ait organisée.

Les débats d'un groupe d'experts réunis à la fin de la conférence ont révélé que les représentants des pays les plus avancés en matière de production d'énergie d'origine nucléaire sont de plus en plus optimistes quant aux perspectives technologiques et économiques de l'énergie d'origine nucléaire. D'éminents experts de France, d'URSS, du Royaume-Uni et des Etats-Unis, qui ont pris part à la discussion, prévoient que dans une dizaine d'années l'énergie d'origine nucléaire deviendra concurrentielle. Ce progrès sera possible grâce aux réacteurs qui ont déjà fait leurs preuves du point de vue technique et auxquels on peut éventuellement apporter quelques perfectionnements, à la construction de nouveaux réacteurs du même type et à l'aménagement de centrales de grandes dimensions. On prévoit également qu'étant donné les excellentes performances des filières en service, on pourra simplifier les spécifications, actuellement très complexes, ce qui permettra de réduire sensiblement le montant des investissements nécessaires.

Bien que les perspectives économiques aient été brièvement évoquées au cours des débats du groupe d'experts, la conférence proprement dite s'est attachée essentiellement aux aspects techniques de l'expérience acquise en matière d'exploitation. Elle a tenu huit séances. La première a été consacrée à une étude d'ensemble de l'expérience acquise en matière de centrales nucléaires dans le cadre de programmes nationaux; les quatre séances suivantes ont traité de l'expérience acquise dans certaines centrales; la sixième a été consacrée à la description des parties constitutives de centrales déterminées;

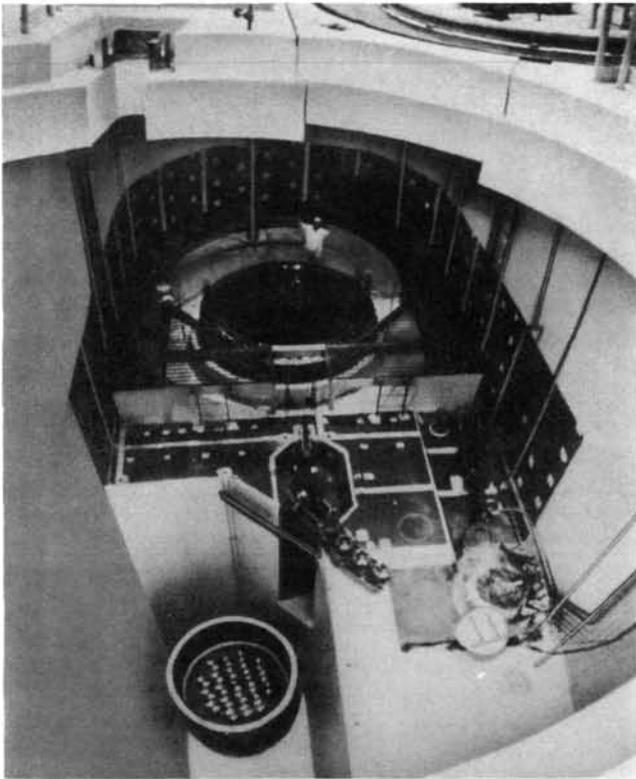
les problèmes de personnel ont été évoqués à la septième séance, et la dernière a porté sur les cycles de combustible et sur la manutention du combustible. La conférence a entendu des rapports sur l'expérience acquise dans une vingtaine de centrales. Ainsi que M. Pierre Balligand, Directeur général adjoint chargé des opérations techniques, l'a indiqué à la séance d'ouverture, ces centrales représentent près de la moitié de la puissance installée actuelle de toutes les centrales nucléaires du monde.

Réacteurs à eau légère

Il existe essentiellement deux types de réacteurs refroidis à l'eau légère, le réacteur à eau bouillante et le réacteur à eau sous pression qui utilisent tous deux, comme combustible, de l'uranium enrichi. La plupart des centrales nucléaires des Etats-Unis sont équipées de réacteurs à eau légère, également utilisés dans d'autres pays, dont l'URSS.

Dans un exposé sur l'expérience pratique du fonctionnement de réacteurs de puissance à eau bouillante, R.J. Ascherl (Etats-Unis d'Amérique) a indiqué qu'à la fin de l'année dernière plus de 2,2 milliards de kilowattheures avaient été produits par trois centrales nucléaires équipées de réacteurs à eau bouillante: les centrales de Dresden et de Vallecitos aux Etats-Unis, et la centrale de Kahl dans la République fédérale d'Allemagne. Au début de cette année, deux nouvelles centrales à eau bouillante ont été mises en service aux Etats-Unis, l'une à Big Rock Point et l'autre à Humboldt Bay. M. Ascherl a précisé que "les performances globales des réacteurs à eau bouillante dans ces centrales nucléaires ont été excellentes dans les conditions normales de production", et que "ces installations se sont révélées d'un fonctionnement sûr et souple, d'un entretien facile et d'un haut degré de sécurité".

Dans leur mémoire sur les deux premières années d'expérience pratique avec la centrale de Kahl, A. Weckesser et H. Brüchner (République fédérale d'Allemagne) ont indiqué que la sécurité de la centrale ou du milieu ambiant n'a jamais été compromise, que la stabilité s'est maintenue dans les différentes conditions de fonctionnement et que la centrale est exploitée de manière satisfaisante par un personnel ayant reçu une formation normale. Ces résultats ont incité les autorités à choisir la même filière pour la première centrale électrique de dimensions industrielles qui va être construite dans le pays; cette centrale aura une puissance de 250 MWe, contre 15 MW pour la centrale de Kahl.



Caisson du réacteur et cuve de stockage à la centrale nucléaire d'Indian Point aux Etats-Unis (Communication de W.C. Beattie et R.H. Freyberg)

Quatre auteurs américains (E.A. Wimunc et autres) ont présenté un rapport sur le réacteur expérimental à eau bouillante installé à Lemont aux Etats-Unis. Ce réacteur a été construit initialement pour démontrer que l'on peut équiper une centrale d'un réacteur à eau bouillante, à circulation naturelle et à cycle direct. Ce réacteur était destiné à produire 20 MW de chaleur sous forme de vapeur saturée qui alimentait directement un turbo-alternateur de 5 MW. Par la suite, on a pu faire des expériences avec le cœur initial du réacteur à des niveaux de puissance allant de 20 à 40 MW et on a obtenu des données correspondant aux différents niveaux de puissance et de pression de la vapeur et aux différentes positions de la barre de contrôle. En juillet 1959, on a arrêté la centrale pour y apporter quelques modifications en vue de porter la puissance du réacteur à 100 MWt environ. Après ces modifications, le réacteur a été soumis à une série d'essais pour contrôler sa stabilité, en portant graduellement sa puissance à 70 MW, et il a été décidé qu'il n'y avait aucun danger à atteindre les 100 MW.

Les centrales de Shippingport et d'Indian Point aux Etats-Unis, équipées de réacteurs à eau sous pression, ont été décrites dans deux mémoires; un rapport a été également présenté sur les résultats obtenus au cours de la phase initiale d'exploitation de la première centrale nucléaire belge (BR-3).

La centrale nucléaire de Shippingport, qui a été décrite dans un mémoire de H. Feinroth et deux autres auteurs américains, fonctionne depuis plus de cinq ans et s'est intégrée facilement dans un réseau d'interconnexion comme centrale de base ou comme centrale d'appoint. Les divers éléments de la centrale se sont révélés d'un fonctionnement sûr. Il n'y a pas eu de problèmes de contamination ni d'élimination des déchets. On a pu facilement accéder aux éléments du circuit primaire de refroidissement, et on a constaté que les cartouches de combustible étaient intactes. Les opérations de rechargement (trois depuis le démarrage de la centrale) se sont effectuées de plus en plus vite.

La centrale No 1 d'Indian Point, décrite dans un mémoire de W.C. Beattie et R.H. Freyberg (Etats-Unis), est équipée d'un réacteur à eau sous pression de 585 MWt; elle est située au bord de l'Hudson, à une quarantaine de kilomètres au nord de New York. Les essais aux puissances allant jusqu'à 50 % de la puissance théorique ont été marqués par de fréquents arrêts automatiques, dont un grand nombre avaient leur origine dans le secteur "classique" de la centrale. Dans le secteur nucléaire, c'est surtout le système de commande des barres de contrôle qui a suscité des difficultés. La centrale a été arrêtée en novembre dernier pour que l'on puisse modifier comme prévu les tuyauteries de la partie classique et mettre au point les organes de commande des barres de contrôle. La centrale a été remise en service au mois de janvier dernier et les résultats concordent pratiquement avec les prévisions.

Les différents problèmes qui ont surgi au cours de la phase initiale d'exploitation de la centrale nucléaire BR-3 ont été exposés par M. Potemans et M. Guében (Belgique). Il s'agit notamment de la présence de radon dans l'enceinte du réacteur et dans certains locaux auxiliaires, des fuites d'eau du circuit primaire et de quelques difficultés mécaniques.

Réacteurs refroidis au gaz

Les participants britanniques et français ont présenté des mémoires sur les réacteurs de puissance à uranium naturel, ralentis au graphite et refroidis au gaz. Un mémoire a également été présenté sur la mise en route de la centrale de Latina, en Italie, qui est équipée d'une filière analogue.

Faisant un exposé sur les centrales nucléaires de Calder Hall et de Chapelcross, H. McCrickard (Royaume-Uni) a indiqué que ces centrales avaient été conçues à l'origine comme des réacteurs de puissance à double fin, destinés surtout à produire du plutonium; elles ont cependant été intégrées au réseau national de distribution comme centrales de base et fournissent environ 15 % de la demande dans les régions où elles sont situées. La puissance des réacteurs a été accrue de plus d'un tiers par rapport

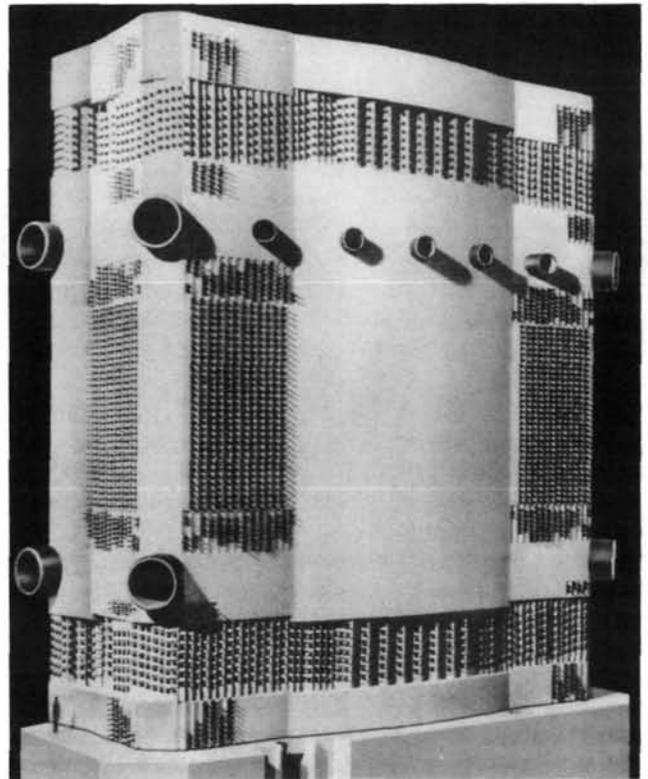
au chiffre initial prévu. Les réacteurs atteignent des facteurs de charge globaux de plus de 92 % bien que le chargement du combustible se fasse à l'arrêt. Les accroissements du facteur de charge ont été obtenus en grande partie grâce à des réductions considérables du temps consacré aux rechargements et à une programmation minutieuse des travaux d'entretien essentiels qui nécessitent l'arrêt des réacteurs. L'exploitation future de ces centrales dépend de la possibilité d'augmenter encore la puissance des réacteurs et de prolonger la durée d'utilisation du combustible. On espère que des progrès seront réalisés dans ces deux sens.

Dans un exposé sur les performances des principaux éléments de la centrale de Calder Hall, E. L. Desbruslais (Royaume-Uni) a indiqué que toutes les défaillances qui se sont produites étaient imputables à la partie classique de la centrale et non pas au secteur nucléaire proprement dit. Il a décrit les difficultés suscitées par les différentes parties constitutives des centrales, ainsi que les mesures prises pour y remédier.

Après avoir décrit les performances des principales centrales nucléaires de Berkeley et de Bradwell, R. Weeks et G. Shepher (Royaume-Uni) ont affirmé que les centrales étaient d'un fonctionnement sûr et que les arrêts étaient imputables aux parties non nucléaires de la centrale. A leur avis, on n'est pas très loin de la vérité en affirmant que les services que l'on peut attendre d'une centrale nucléaire (aux fins de production d'énergie électrique) dépendent en fin de compte du bon fonctionnement de la partie "classique" des installations.

J. Horowitz et J. P. Roux (France) ont indiqué dans un mémoire que les réacteurs à uranium naturel, ralentis au graphite et refroidis au gaz carbonique, constituent la base du programme français de centrales électronucléaires. Les réacteurs de Chinon (EDF-1, EDF-2 et EDF-3) font suite aux piles plutonigènes de Marcoule (G-2 et G-3), et cet ensemble représente la majeure partie des 850 MWe dont l'installation est prévue pour 1965. G-2 et G-3 alimentent le réseau électrique français depuis 1959 et 1960 respectivement. EDF-1 a été soumis, au début de cette année, aux essais préliminaires à la montée en puissance; la mise en service d'EDF-2 est prévue pour la fin de 1964 et celle d'EDF-3 pour 1965. Les auteurs ont indiqué que la praticabilité technique de cette filière peut être considérée comme acquise, et l'on espère que la rentabilité économique sera démontrée par les réacteurs en construction.

L'expérience acquise dans l'exploitation des réacteurs G-2 et G-3 a été exposée par F. Conte (France) qui a passé en revue les principaux problèmes du point de vue technologie, sécurité, performance et organisation. Parmi les rubriques de cet



Vue extérieure du caisson étanche de la centrale EDF-3 (France) (Communication de F. Conte et coll.)

exposé, il convient de citer le caisson en béton précontraint, le chargement en marche du combustible, les performances de l'installation, l'automatisation de la surveillance, la tenue du combustible, les installations classiques de récupération d'énergie, les interventions à l'intérieur du réacteur, ainsi que l'organisation et la formation du personnel.

P. Bacher et trois autres savants français ont présenté un mémoire sur l'intérêt de l'expérience neutronique acquise à Marcoule et à Chinon pour le programme de centrales à graphite. Ils ont indiqué que l'expérience acquise dans les premières piles à graphite françaises s'est avérée fondamentale aussi bien dans l'élaboration des projets ultérieurs que pour l'étude du fonctionnement des centrales de grande puissance où les problèmes de contrôle et de cinétique jouent un rôle primordial.

Autres filières

La conférence a entendu également des exposés sur plusieurs autres filières, notamment les réacteurs à eau lourde et les réacteurs à neutrons rapides.

L.G. McConnell (Canada) a fait un rapport sur l'expérience acquise dans son pays, au stade initial d'exploitation, avec une centrale nucléaire de démonstration (NPD) qui doit servir à vérifier les performances des réacteurs fonctionnant à l'uranium natu-

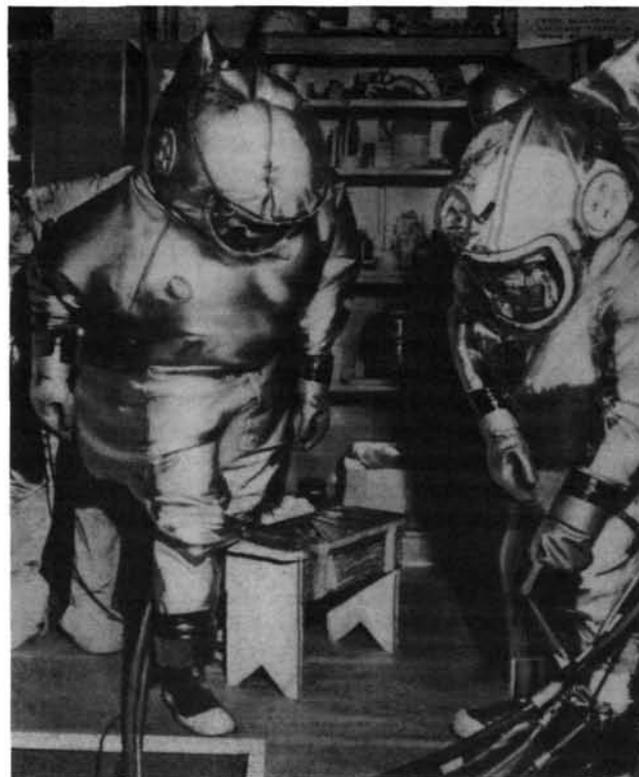
rel et utilisant de l'eau lourde comme ralentisseur et comme fluide de refroidissement. Le réacteur a atteint sa pleine puissance en juin 1962 et les résultats obtenus jusqu'à présent ont été positifs; la première expérience de fonctionnement, qui a duré six semaines, a permis d'obtenir un facteur de puissance de 70 %. Les perfectionnements déjà apportés ont permis d'augmenter la sécurité et d'améliorer les performances, et ont montré, en même temps, comment réduire les dépenses d'investissements pour les centrales futures. En décembre 1962, deux fuites simultanées dans l'appareil de rechargement en puissance ont entraîné une série inhabituelle d'incidents. Une quantité importante d'eau lourde à haute pression et haute température a été projetée dans l'enceinte du réacteur où sa pureté isotopique a été légèrement altérée. On a redonné à l'eau lourde la pureté voulue et le réacteur a pu recommencer à fonctionner à la fin du mois. Tous les dispositifs de sécurité, notamment ceux qui sont destinés à parer aux fuites d'eau lourde, ont fonctionné correctement pendant l'incident.

E. Jonson et N. Rydell (Suède) ont présenté un mémoire sur une filière différente à eau lourde. Il s'agit de la centrale nucléaire d'Agesta, équipée d'un réacteur à eau lourde sous pression, à uranium naturel. Le mémoire signale des problèmes particulièrement importants dans un système à eau lourde à haute pression, par exemple :

- a) Etanchéité par rapport à l'atmosphère et, à l'intérieur, entre les circuits à haute et à basse pression;
- b) Equilibre de pression entre les circuits d'eau lourde et d'eau légère;
- c) Evacuation de l'eau légère des circuits de l'eau lourde.

Les rapports sur les réacteurs à neutrons rapides (ceux où les neutrons ne sont pas ralentis et servent à transformer les matières fertiles en produits fissiles) ont été présentés par l'URSS et les Etats-Unis. Le réacteur à neutrons rapides BR-5 a fait l'objet d'un mémoire rédigé par sept savants soviétiques (A.E. Leipounsky et autres). Les auteurs traitent des problèmes que pose la remise en état du circuit de métal liquide du réacteur, ainsi que du fonctionnement du réacteur après la réalisation du taux de combustion de 2 % avec diminution d'étanchéité des cartouches de combustible. Les auteurs décrivent l'expérience acquise au cours du déchargement du coeur, de la vérification de l'état général et de l'étanchéité des cartouches, de la désactivation du matériel et des conduites du circuit primaire.

Le réacteur à neutrons rapides américain de la centrale nucléaire Enrico Fermi a été décrit par R. W. Hartwell. La centrale qui utilise un réacteur



Habillage pour travailler dans le caisson du réacteur de la centrale atomique Enrico Fermi aux Etats-Unis (Communication de R.W. Hartwell)

surgénérateur à neutrons rapides de 100 MWe a été virtuellement terminée en décembre 1961 et l'on a, depuis, minutieusement vérifié les circuits et les parties constitutives. Ce programme de vérification avant la mise en service a été très utile; il a permis d'évaluer les plans et de déterminer les modifications qu'il convient d'y apporter. Le mémoire contient une description des modifications essentielles; tous les problèmes ont pu être résolus, a précisé M. Hartwell.

Les résultats des essais qui ont précédé la mise en service des trois centrales nucléaires qui s'inscrivent dans le cadre du programme de démonstration de réacteurs de puissance de la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis sont décrits dans un mémoire présenté par C. A. Pursel (Etats-Unis). Il s'agit du réacteur d'Elk River, de la centrale nucléaire de Hallam et de la centrale de Piqua, qui appartiennent à trois filières différentes, à savoir : réacteur à eau bouillante à circulation naturelle, réacteur à graphite et au sodium et réacteur ralenti et refroidi par un fluide organique.

M. Pursel a présenté également un mémoire décrivant l'état d'avancement du programme de production d'énergie électrique aux Etats-Unis à des fins civiles.

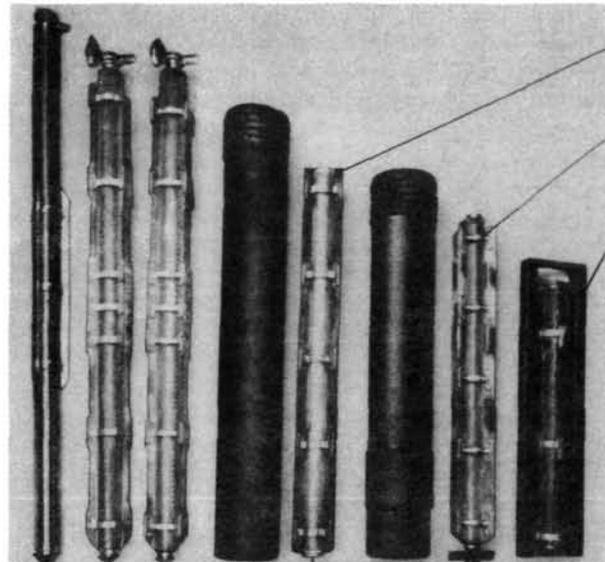
Autres sujets

Outre ces rapports sur les différents types de centrales nucléaires, la conférence a examiné les problèmes que suscitent certaines parties constitutives des centrales. Par exemple, G. N. Ouchakov et cinq autres auteurs soviétiques décrivent les principes de construction des génératrices de vapeur dont est équipée la Première centrale nucléaire d'URSS et examinent les causes qui ont pu provoquer les défaillances constatées dans les tuyauteries. Les participants français ont évoqué les problèmes que posent les caissons des réacteurs. Parmi les autres sujets examinés, il convient de citer la mesure des fuites des dispositifs d'isolement et l'efficacité des dispositifs d'arrêt et de sécurité.

A la séance consacrée aux cycles du combustible et à sa manutention, des mémoires ont été présentés par les participants britanniques et français. L'importante question du coût des cycles de combustible a été évoquée. C. Allday (Royaume-Uni) a indiqué que si le montant des investissements entre pour une très large part dans l'économie des réacteurs de puissance des filières utilisées actuellement en Grande-Bretagne, le coût du combustible n'est pas un facteur négligeable. "Une fois les dépenses d'investissement engagées", a dit M. Allday, "c'est seulement en réduisant le coût du cycle de combustible et de l'exploitation du réacteur que l'on peut abaisser le prix de revient de l'énergie produite." A. Johnson (Royaume-Uni) a indiqué, pour sa part, que si l'on peut envisager une réduction théorique de 20 à 30 % du prix de revient du combustible à condition de choisir des méthodes de rechargement modernes, des considérations d'ordre pratique limitent les économies qui peuvent être réalisées aux stades initiaux de l'exploitation des premiers réacteurs. "Nous allons faire tout notre possible dès le début pour empêcher que le prix de revient de l'énergie augmente par suite d'arrêts intempestifs ou que la production diminue par manque de flexibilité du système ou par erreurs de jugement."

Selon M. Johnson, les principaux progrès réalisés en matière de cycles de combustible peuvent se résumer ainsi :

- a) Mise en service des premiers appareils de rechargement en marche au Royaume-Uni;
- b) Irradiation des cartouches de combustible en "Magnox" au-delà des taux prévus;
- c) Mise au point de programmes de calcul automatique de prévisions, dont les applications dans l'exploitation des réacteurs de puissance sont nombreuses;
- d) Considérations économiques militant en faveur d'une politique de souplesse concernant le degré d'enrichissement.



1 2 3 4 5 6 7 8
Quelques éléments combustibles «Magnox» fabriqués par l'Autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni. 1. Calder Hall; 2. Latina; 3. Bradwell Mk III; 4. Tokai-Mura (manchon en graphite); 5. Tokai-Mura (élément); 6. Hunterston (manchon); 7. Hunterston (élément); 8. Berkeley Mk. 1B (Communication de G. Allday)

R. A. de Cremiers (France) a évoqué également les problèmes que posent le déchargement et le rechargement en marche. Il a souligné la complexité de ces problèmes en indiquant qu'au Centre de Marcoule les programmes de déchargement sont préparés par un ordinateur électronique qui utilise le système des cartes perforées.

La conférence a également entendu un exposé sur les problèmes de recrutement, de formation et d'organisation du personnel des centrales nucléaires.

Tendances et perspectives

A la discussion engagée par le groupe d'experts qui a siégé après les séances plénières ont pris la parole M. Fernand Conte, du Centre de Marcoule (Commissariat français à l'énergie atomique), M. Coningsby Allday, du Centre de Risley (Autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni), M. Claude Andrew Pursel, de la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis, et M. Aristarkhov, de l'Institut de l'énergie et de physique de Moscou.

Chacun d'eux a répondu aux deux questions suivantes : 1) Quels sont les types de réacteurs que l'on peut considérer comme ayant fait leurs preuves et qui mériteront une attention spéciale au cours de la prochaine décennie; quel rôle joueront ces réacteurs à longue échéance; seront-ils remplacés par des types entièrement différents ? 2) De quelle manière l'expérience acquise jusqu'ici pourra-t-elle s'appliquer aux nouveaux projets de réacteurs dans les pays en voie de développement ?

Les experts susmentionnés ont décrit pour l'essentiel les types de réacteurs qui ont été mis au point dans leur pays sans tenter de les comparer directement aux autres types. Ils ont confirmé que les types de réacteurs en service ont donné toute satisfaction, qu'ils sont d'ores et déjà rentables ou le deviendront dans un proche futur, qu'ils pourront être et seront perfectionnés à l'avenir, qu'entre-temps on procédera à la mise au point de types nouveaux et qu'en fin de compte les possibilités de production de l'énergie d'origine nucléaire seront pleinement réalisées grâce aux réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides, c'est-à-dire aux réacteurs qui transforment en matières fissiles le thorium et l'uranium-238, qui normalement ne sont pas fissiles, et produisent de ce fait plus de combustible qu'ils n'en consomment. L'avenir de l'énergie d'origine nucléaire, a dit M. Aristarkhov, est dans les réacteurs qui utilisent des neutrons rapides, mais cette prévision ne signifie pas pour autant que l'on abandonnera dans le proche avenir les réacteurs thermiques, c'est-à-dire ceux qui contiennent une substance pour ralentir les neutrons, comme ceux que l'on utilise actuellement pour produire de l'énergie. En fait, a poursuivi M. Aristarkhov, on peut espérer une "coexistence pacifique" entre les réacteurs thermiques et les réacteurs surgénérateurs, même lorsque ces derniers auront été mis au point. Cette opinion a été confirmée par M. Pursel qui a expliqué que, selon le programme américain de production d'énergie d'origine nucléaire exposé dans un rapport présenté récemment par le Président des Etats-Unis, ce pays n'a pas l'intention de donner la préférence aux réacteurs surgénérateurs aux dépens des types actuels.

MM. Conte et Allday ont indiqué que les réacteurs à uranium naturel, refroidis par un gaz, qui ont été construits en France et en Grande-Bretagne ont donné de bons résultats; ils se sont déclarés convaincus que, du point de vue du prix de revient de l'énergie, ces réacteurs pourront rivaliser avec les centrales classiques avant la fin de la présente décennie. A propos du fait que les plus grandes difficultés auxquelles on s'est heurté dans les centrales nucléaires proviennent des éléments classiques et non pas des réacteurs proprement dits, M. Conte a déclaré qu'il y a certainement de bonnes raisons pour soumettre les éléments classiques à un contrôle et à une surveillance aussi rigoureux que les éléments nucléaires. Il a évoqué également les limitations qu'imposent à la performance des réacteurs les mesures de sécurité très complexes actuellement adoptées, et a exprimé l'espoir qu'il sera possible de les assouplir à l'avenir.

En ce qui concerne l'expérience britannique, M. Allday a déclaré que les centrales actuelles de la filière Magnox (Calder Hall, Chapelcross, Berkeley et Bradwell) peuvent déjà être considérées comme ayant fait leurs preuves au point de vue technique. Le réacteur refroidi par un gaz (Dragon) est encore plus

intéressant, car il exige des dépenses d'investissements moins élevées et offre de plus grandes possibilités de développement; bien qu'on en soit encore au stade de la mise au point, on peut déjà être certain de sa valeur technique. A la longue, les réacteurs à neutrons rapides fourniront une gamme de développement plus large, mais le problème est de trouver un combustible qui leur convienne. A propos de la défaillance de certaines pièces dans la partie "classique" de la centrale, c'est une question que les constructeurs de ce matériel devraient certainement étudier, mais M. Allday ne pense pas qu'une série de mesures concertées de la part de l'industrie de l'énergie d'origine nucléaire soit nécessaire pour résoudre ce problème. En outre, on ne doit pas oublier que les difficultés provoquées par le matériel classique se manifestent dès le début; au contraire, les "difficultés nucléaires", s'il doit y en avoir, n'apparaîtront que plus tard.

De l'avis de M. Pursel, ce sont surtout les réacteurs à l'eau ordinaire qui ont fait leurs preuves en tant que sources sûres et économiques d'énergie électrique pour l'industrie. Acheteurs et utilisateurs, a-t-il dit, estiment que ces réacteurs sont très satisfaisants comme filières et tout à fait concurrentiels dans leurs applications particulières. En ce qui concerne les prévisions à long terme, M. Pursel pense que l'équilibre final de l'économie nucléaire résidera dans une combinaison de réacteurs "brûleurs" (c'est-à-dire les filières actuelles qui cherchent avant tout à tirer le maximum d'énergie de l'utilisation immédiate du combustible) et de réacteurs surgénérateurs (c'est-à-dire ceux qui cherchent d'abord à produire du nouveau combustible, tout en transformant en électricité l'énergie de fission du combustible primitif).

M. Aristarkhov a déclaré que les renseignements donnés à la conférence ont montré que les performances des réacteurs de types éprouvés ont été conformes aux prévisions. Des trois principales filières, à savoir les réacteurs ralentis et refroidis à l'eau ordinaire, les réacteurs ralentis au graphite et refroidis à l'eau, et les réacteurs ralentis au graphite et refroidis par un gaz, l'URSS a travaillé sur les deux premières mais elle n'a encore aucune expérience de la troisième. Une grande centrale à eau sous pression est en cours de construction près de Voronèje. M. Aristarkhov a ajouté que, du fait qu'il travaille sur un réacteur à neutrons rapides, il ne peut pas avoir une opinion objective des autres filières. Il est vrai que l'on a rencontré certaines difficultés avec le réacteur à neutrons rapides, mais elles seront certainement surmontées. En ce qui concerne les filières en exploitation, M. Aristarkhov pense qu'on pourrait obtenir beaucoup d'améliorations si l'on portait remède aux défaillances actuelles des parties classiques.

M. McConnell (Canada) a fait un exposé sur le réacteur à eau lourde, en précisant que, pour cette

filière, les coûts du combustible sont inférieurs à ceux qui ont été signalés pour les autres filières.

En ce qui concerne les grands projets d'utilisation de l'énergie d'origine nucléaire dans les pays en voie de développement, on est généralement convenu qu'il conviendrait de choisir une filière ayant déjà fait ses preuves plutôt qu'un réacteur encore au stade expérimental. Si toutefois un pays en voie de développement était prêt à prendre les risques et à assumer les responsabilités de la mise au point d'une

filière encore mal connue ou de l'adaptation d'un type de réacteur aux conditions locales, on pourrait entreprendre des projets communs. En tout état de cause, la participation des hommes de science et des ingénieurs des pays en voie de développement aux projets mis en oeuvre dans ces pays revêt une importance primordiale. Plusieurs orateurs ont souligné que l'AIEA avait un rôle à jouer en favorisant la formation du personnel technique dans ces pays, en diffusant de la documentation sur la technologie de l'énergie d'origine nucléaire et en organisant éventuellement des projets communs.

UN PROGRAMME A LONG TERME POUR L'AIEA

A sa cinquième session ordinaire, en 1961, la Conférence générale de l'AIEA a adopté une résolution demandant de préparer un programme à long terme pour les activités de l'Agence. Ce programme, établi après de longues consultations avec des experts de nombreux Etats Membres, est destiné à orienter et à planifier les activités de l'Agence à partir de 1965; il est présenté par le Conseil des gouverneurs et le Directeur général à la septième session de la Conférence générale. En vertu de ce programme, le rôle essentiel de l'Agence au cours des prochaines années consistera, d'une part, à aider les Etats Membres à s'initier aux multiples applications pacifiques de l'énergie atomique, en particulier la production d'énergie, et, d'autre part, à stimuler et coordonner la recherche scientifique et technique en vue de permettre au plus grand nombre possible de pays de profiter dans les meilleurs délais des applications pacifiques de l'énergie atomique.

Le programme à long terme repose sur la conviction que c'est en stimulant la production d'énergie d'origine nucléaire que l'Agence contribuera le plus au progrès économique et au bien-être général. Il est certain, par ailleurs, que l'emploi des isotopes et des sources de rayonnement dans les domaines de la médecine, de l'agriculture, de l'hydrologie et de l'industrie donnera rapidement des résultats concrets. La santé, la sécurité et la gestion des déchets sont essentiellement considérées comme des domaines d'action secondaires, mais le programme souligne leurs incidences sur l'économie de l'emploi de l'énergie d'origine nucléaire et sur l'extension des applications des radioisotopes. En continuant de collaborer étroitement avec l'Organisation des Nations Unies et les institutions apparentées, l'Agence pourrait servir d'agent d'exécution pour les activités se rapportant à l'énergie atomique et figurant à certains programmes de l'ONU ou d'une institution apparentée.

L'ONU et les institutions apparentées ont de plus en plus tendance à appliquer des solutions régionales aux problèmes qui affectent plusieurs pays d'une même région. Jusqu'à maintenant, l'Agence a résolu les problèmes de ce genre par des mesures spéciales: nomination d'experts régionaux ou organisation de centres régionaux. Il est possible qu'à l'avenir l'Agence exerce systématiquement ses activités au niveau régional.

Le programme est divisé en deux grands chapitres, l'un traitant de ses aspects généraux et l'autre de ses aspects techniques. Deux monographies sur les activités de l'Agence ayant trait au développement de l'énergie d'origine nucléaire et à l'application des radioisotopes et des sources de rayonnement sont jointes au document principal.

Voici quelques points essentiels du programme.

ASPECTS GENERAUX

Energie d'origine nucléaire

Il semble que l'énergie d'origine nucléaire doive entrer en concurrence économique avec l'énergie classique au cours de la deuxième moitié de cette décennie, notamment dans certaines régions des pays avancés, et probablement aussi dans le cas des centrales nucléaires de petites et moyennes dimensions, dans les pays en voie de développement où les combustibles classiques sont particulièrement chers. Normalement, l'Agence devrait donc recevoir un plus grand nombre de demandes d'avis au sujet de programmes nationaux d'énergie d'origine nucléaire, surtout en ce qui concerne les aspects économiques des projets envisagés. L'Agence doit aussi être prête à donner des conseils techniques sur le choix des sites, les types de réacteurs et les questions de sécurité; le cas échéant, elle devra aussi contribuer