

AVENIR DES GENERATRICES NUCLEAIRES DE PETITE OU MOYENNE PUISSANCE

La Conférence sur les génératrices nucléaires de petite ou moyenne puissance, que l'AIEA avait organisée à Vienne du 5 au 9 septembre 1960, a étudié de manière approfondie les aspects technologiques et économiques de l'énergie d'origine nucléaire. Plus de 250 experts, venant de 40 pays, assistaient à cette réunion, au cours de laquelle 64 communications ont été présentées.

C'était la première grande conférence internationale consacrée à la question de l'énergie d'origine nucléaire depuis la deuxième Conférence internationale des Nations Unies sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques (1958). Cette dernière avait mis un terme à l'optimisme général qui s'était manifesté à la première Conférence de Genève (1955) quant à l'avenir de l'énergie d'origine nucléaire. La réunion que l'AIEA a organisée à Vienne est intervenue au moment où de récents progrès techniques commençaient à faire renaître les espoirs déçus. C'est ce qu'a fait ressortir le Directeur général de l'AIEA, M. Sterling Cole, qui a souligné, dans ses observations liminaires, les "remarquables progrès" accomplis au cours des six dernières années pour rendre l'énergie d'origine nucléaire sûre, exempte de risques et rentable. M. Cole a ajouté: "Nous sommes aujourd'hui à la veille de nouveaux développements importants de l'énergie atomique. Tout indique que, vers la fin de la présente décennie, l'énergie d'origine nucléaire deviendra concurrentielle dans les régions où le coût du combustible est un peu supérieur à la moyenne. Dans celles où ce coût est élevé, elle peut le devenir dès 1965."

Si la Conférence de l'AIEA s'est attachée à l'étude des génératrices nucléaires de petite ou moyenne puissance, c'est que les pays sous-développés du monde entier s'intéressent surtout à elles.

La Conférence rentrait dans le cadre du programme que l'Agence a entrepris en vue d'encourager le développement de l'énergie d'origine nucléaire dans ces pays. Ce programme prévoit des enquêtes sur les besoins en énergie d'origine nucléaire des pays sous-développés, une étude continue des aspects technologiques et économiques des réacteurs de puissance les plus propres à satisfaire ces besoins, la diffusion des renseignements recueillis et l'octroi d'une assistance pour la formation du personnel.

Bien que la Conférence ait eu pour principal objet les génératrices nucléaires de petite ou moyenne puissance, son ordre du jour prévoyait également l'échange de renseignements sur la mise au point de réacteurs de plus grandes dimensions; en effet, les données technologiques sur les diverses dimensions sont en grande partie interchangeable et l'on possède actuellement plus de renseignements, notamment d'ordre économique, sur les grands réacteurs que sur les autres.

La Conférence a permis un échange de renseignements sur une grande variété de sujets ayant trait aux génératrices nucléaires: prix de revient de l'énergie, aperçus des programmes nationaux, utilisation dans les pays sous-développés, production de chaleur industrielle, sécurité des réacteurs, résultats de l'expérience acquise dans la construction et l'exploitation de génératrices nucléaires, évaluations techniques de divers types de réacteurs, etc.

Prix de revient de l'énergie d'origine nucléaire

Plusieurs experts se sont montrés assez optimistes quant à l'aptitude des grandes centrales nucléaires à concurrencer sur le plan économique les centrales à combustibles fossiles. M. Staebler



La tribune de la Conférence sur les génératrices de petite ou moyenne puissance, pendant la séance d'ouverture; de gauche à droite: M. Munir Khan, Secrétaire scientifique, AIEA; M. Hubert de Laboulaye, Directeur général adjoint, AIEA; M. Sterling Cole, Directeur général, AIEA; M. G.C. Laurence (Canada), Président de la séance; M. Arkady Rylov; Directeur général adjoint, AIEA; M. George Petretic, Secrétaire scientifique, AIEA

(Etats-Unis) a évoqué des estimations selon lesquelles "l'énergie d'origine nucléaire aux Etats-Unis pourrait, dans certains cas, devenir rentable... au cours de la présente décennie; en fait, plusieurs grandes centrales, dont la construction est dès maintenant possible, pourraient se révéler économiquement rentables au cours de leur durée de vie utile."

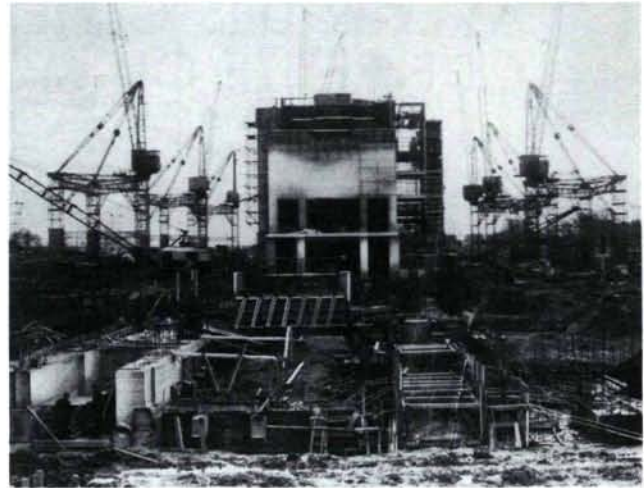
D'après M. Melvin, la centrale "CANDU" d'une puissance de 200 MWe (mégawatts électriques), qui est actuellement en construction au Canada, est le précurseur direct de centrales qui produiraient de l'énergie au prix de 5 mills/kWh et qui seraient donc "généralement rentables" au Canada.

Selon un mémoire présenté par MM. Kubushiro, Togo et Mochizuki, des centrales nucléaires pourraient fournir de l'énergie électrique au Japon à des prix qui, sous certaines conditions, seraient concurrentiels d'ici 5 à 15 ans.

On a prédit que l'énergie d'origine nucléaire deviendrait rapidement concurrentielle en dépit du fait que, d'une manière générale, les experts se sont accordés à reconnaître que les dépenses d'investissement afférentes aux centrales nucléaires sont considérablement plus élevées que pour les centrales classiques. Une étude mentionnée par M. McCloska (Etats-Unis) indique qu'un grand réacteur coûterait au moins 50 % de plus qu'une chaudière alimentée au charbon.

M. McCloska a énuméré quelques-uns des facteurs auxquels il y a lieu d'imputer cette différence entre les dépenses d'investissement. Etant donné que l'industrie nucléaire en est encore à ses débuts, les frais d'études, d'approvisionnement et d'administration des projets sont nécessairement plus élevés. Le prix de revient des centrales nucléaires s'accroît encore du fait des servitudes légales touchant, par exemple, les expropriations autour du site, l'étude approfondie des risques, la responsabilité du fait des matières fissiles et les essais à effectuer. Une étude a montré que les mesures de sécurité, telles que celles qui ont trait à l'isolement, à la protection et aux circuits électriques, augmentent le coût des centrales nucléaires de 17,50 dollars par kilowatt. Les travaux de construction étant plus longs, les charges financières sont plus élevées. De l'avis de M. McCloska, il ne sera guère possible de combler entièrement l'écart entre les dépenses d'investissement, mais on pourra le réduire, peut-être de moitié, grâce à des innovations technologiques, une expérience plus étendue, la normalisation, des mesures de sécurité moins rigoureuses et un rythme de construction plus rapide.

Les frais d'exploitation seront aussi plus élevés pour les centrales nucléaires que pour les centrales classiques. C'était l'opinion de M. Guard (Royaume-Uni), selon lequel "une centrale nucléaire est desservie par un personnel deux fois plus nombreux que ne l'est une centrale classique, une grande partie de ce personnel étant relativement inexpérimentée." Tout en faisant ressortir que les frais d'exploitation varient selon le type, la dimension, l'emplacement et le mode de fonctionnement du réacteur, M. Guard a déclaré que les frais d'exploitation annuels pouvaient raisonnablement être estimés à 10 % du coût de la centrale.



Vue du réacteur 2, en construction à Chapelcross (Royaume-Uni)

Dans ces conditions - comme l'a souligné M. McCloska dans sa communication - pour que l'énergie d'origine nucléaire devienne concurrentielle, il faut avant tout que le coût total du combustible devienne suffisamment inférieur à celui des combustibles classiques pour compenser la différence entre les dépenses d'investissement, qui resteront nécessairement plus élevées dans le cas des centrales nucléaires. Ainsi qu'il a été indiqué plus haut, la plupart des experts étaient convaincus que, pour ce qui est des grands réacteurs, on pourra atteindre cet objectif à une date assez proche.

En revanche, pour les réacteurs de petite ou moyenne puissance, la situation semble moins favorable. On a cité un grand nombre de chiffres montrant que le prix du kilowatt était beaucoup plus élevé pour les petits réacteurs que pour les grands; de plus, il en est ainsi pour chaque chef de dépenses importantes: investissements, coût du combustible et frais d'exploitation.

Il ressort de la communication présentée par M. Staebler (Etats-Unis) que les dépenses d'investissement sont comparativement plus élevées pour les petites centrales du fait que certaines installations et certains dispositifs nécessairement liés aux réacteurs ont des dimensions pratiques minima qui ne varient pas en fonction de la puissance du réacteur. M. Staebler a cité comme exemples le matériel de manipulation du combustible, les dispositifs de protection, les enceintes d'isolement, les installations de décontamination des déchets radioactifs et les dispositifs de contrôle du réacteur. Il en est de même pour les frais d'exploitation étant donné que l'effectif du personnel nécessaire ne peut pas être ramené au-dessous d'un certain minimum, quelle que soit la puissance du réacteur. Pour ce qui est du coût du combustible, il est relativement plus élevé pour les petits réacteurs du fait surtout que la perte plus importante de neutrons doit être compensée par un plus fort taux

d'enrichissement du combustible et abrège la durée utile de la charge. Selon M. Staebler, on pourrait y remédier par une amélioration de la structure des réacteurs ainsi que par divers systèmes de chargement et de contrôle du combustible.

Nul n'ignore que le prix de revient de l'énergie classique dépend de la taille de la centrale, mais la plupart des experts ont estimé qu'il varie plus fortement pour les centrales nucléaires que pour les centrales classiques. En d'autres termes, l'écart entre le prix de revient de l'énergie classique et celui de l'énergie d'origine nucléaire tend à augmenter lorsque la puissance de la centrale diminue. M. Lane (Etats-Unis) a présenté les résultats d'une étude sur trois types de réacteurs très avancés, qui montrent qu'aux Etats-Unis le prix de l'électricité produite par des centrales au charbon de 10 MWe est inférieur de 9 à 18 mills/kWh à celui de l'électricité produite par des centrales nucléaires de puissance équivalente, alors que la différence n'est plus que de 2 à 6 mills/kWh lorsqu'il s'agit de puissances de l'ordre de 100 MWe.

D'après une étude récemment achevée par la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis et évoquée dans la communication de MM. Kaufman, Wiener et Roberts, le prix de l'énergie produite par des centrales nucléaires de 40 MWe se situera en 1970 entre 13 et 16 mills/kWh, contre un prix actuel d'environ 11 mills/kWh pour les centrales classiques de taille analogue. Une étude parallèle sur les perspectives des centrales de grande puissance laisse espérer que ces dernières seront concurrentielles avant 1970.

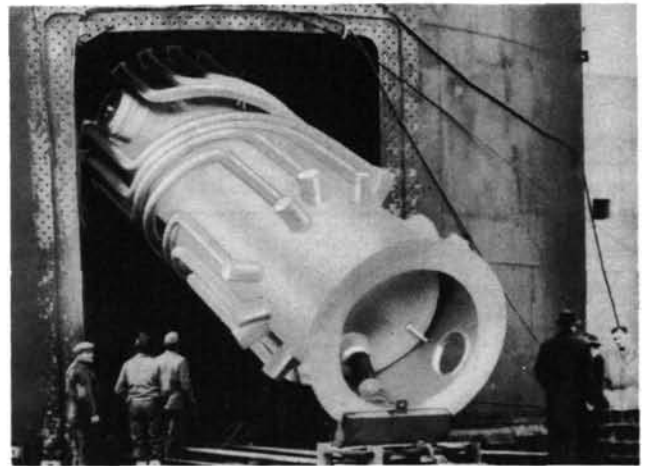
Plusieurs experts ont traité des méthodes actuelles d'évaluation du prix de revient de l'énergie d'origine nucléaire. M. Lévai (Hongrie) a souligné qu'il fallait analyser les effets que l'inclusion d'une centrale nucléaire dans un réseau interconnecté aurait sur le prix de l'énergie dans tout le réseau, et non seulement sur le prix payé par les consommateurs directement alimentés par cette centrale. MM. Petretic et Krymm, du Secrétariat de l'Agence, ont montré que les résultats du calcul du prix de revient varient fortement selon les méthodes appliquées. Ils ont exposé un programme établi par l'Agence pour unifier dans une certaine mesure le calcul et la présentation des éléments essentiels du prix de revient des génératrices nucléaires.

Programmes nationaux d'énergie d'origine nucléaire

Plusieurs mémoires présentés à la Conférence ont mis en lumière les facteurs sur lesquels se fondent les programmes nationaux d'énergie d'origine nucléaire qui ont été élaborés par des pays très industrialisés.

M. Staebler (Etats-Unis) a indiqué que le programme établi par son pays insistait sur

l'opportunité de mettre au point plusieurs types de réacteurs afin de disposer, si possible, d'installations répondant au mieux à chacune des nombreuses applications et situations concevables. Il a ajouté que ce programme reposait sur l'hypothèse que l'énergie d'origine nucléaire deviendra concurrentielle en premier lieu dans les régions des Etats-Unis où le prix des combustibles fossiles est relativement élevé et où l'on peut utiliser de grandes centrales, mais que l'on n'avait pas pour autant négligé les petites génératrices.



Montage du caisson dans l'enceinte du réacteur de la centrale nucléaire de 15 MWe de Kahl-sur-le-Main (République fédérale d'Allemagne)

Les communications présentées par MM. Laurence et Melvin (Canada) ont clairement indiqué que virtuellement toutes les génératrices nucléaires que l'on étudie ou construit au Canada emploient l'uranium naturel comme combustible et l'eau lourde comme ralentisseur. M. Laurence a déclaré que le Canada continuerait de donner la préférence à ce type de réacteur aussi longtemps que l'uranium resterait un combustible abondant et peu coûteux.

Les experts japonais mentionnés plus haut ont expliqué pourquoi le Japon avait décidé de construire à la fois, pour le moment, un petit réacteur à eau bouillante et un grand réacteur à uranium naturel, refroidi par un gaz. L'écart prévu entre les prix de revient de l'énergie produite par chacun d'eux ne dépasse pas 10%. La génératrice à uranium naturel repose sur une technologie mieux éprouvée et il sera indispensable d'avoir une bonne expérience de son fonctionnement le jour où l'on envisagera d'utiliser la pile surgénératrice à neutrons rapides dans les centrales nucléaires. De son côté, le réacteur à eau bouillante offre de grandes possibilités si l'on parvient à résoudre les problèmes que posent les cartouches de combustible. Pour le Japon, la nécessité d'un programme immédiat d'énergie d'origine nucléaire s'explique par le fait que l'exploitation des ressources hydroélectriques a atteint son plafond et que le prix du charbon et du pétrole est élevé.

M. Brückner (République fédérale d'Allemagne) a déclaré que la société qui fait construire à Kahl-sur-le-Main une centrale nucléaire de 15 MWe, équipée d'un réacteur à eau bouillante, avait pris une décision fort judicieuse en préférant cette installation pilote de taille relativement réduite à une grande centrale nucléaire; en effet, tous les participants encourent ainsi des risques raisonnables pour cet essai, tout en ayant l'avantage d'acquérir une expérience réelle. M. Brückner a recommandé cette ligne de conduite à tous les pays qui sont sur le point d'entreprendre la production d'énergie d'origine nucléaire. Il a ajouté que lorsqu'on construit des centrales pilotes, en vue surtout d'acquérir de l'expérience, il est plus important de réduire le plus possible les dépenses d'investissement que de chercher à produire de l'énergie à bas prix.

Cette suggestion était conforme aux remarques formulées par M. de Laboulaye, Directeur général adjoint chargé des opérations techniques de l'Agence, dans le discours qu'il a prononcé à la séance d'ouverture de la Conférence. M. de Laboulaye a dit que les constructeurs pourraient améliorer la technologie des réacteurs de puissance plus vite et à moindre investissement global en construisant des successions d'unités de faible taille plutôt qu'un nombre beaucoup plus restreint de grandes centrales. Il a suggéré de "limiter la part improductive" en installant des centrales dans des régions "où l'électricité est chère, encore peu abondante et où ses bienfaits sont ardemment attendus".

Par la suite, dans une communication présentée à une séance technique de la Conférence, M. de Laboulaye a analysé les solutions qui s'offrent à des nations ayant des structures économiques différentes pour réduire le coût de la construction et de l'exploitation de centrales nucléaires expérimentales. Il a souligné que dans certaines conditions intéressant le facteur de charge, les dépenses de capital et le prix de vente de l'électricité, un pays donné aurait intérêt à construire une centrale expérimentale de grandes dimensions, tandis que d'autres conditions militeraient en faveur d'une petite centrale.

L'énergie d'origine nucléaire dans les pays sous-développés

Plusieurs mémoires étaient consacrés aux perspectives de l'énergie d'origine nucléaire dans les pays sous-développés. MM. Barnea et de Breuvery, du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, ont exposé les caractéristiques de la situation énergétique dans ces pays. Tout en soulignant que de grandes différences subsistent d'un pays à l'autre, ils ont relevé qu'il n'est pas rare de rencontrer dans ces régions des génératrices de petite puissance éparpillées et desservant des régions peu étendues; on y observe en outre de faibles coefficients d'exploitation, des pénuries fréquentes d'énergie, un taux considérable d'accroissement de la demande, un prix élevé de l'énergie électrique, une pénurie de ressources matérielles et des prix élevés pour les combustibles.

MM. Teitelbaum et Pikler, du Secrétariat de l'Agence, ont analysé les avantages que l'implantation de l'énergie nucléaire pourra comporter à long



Une application future de l'énergie nucléaire, actuellement à l'étude aux Etats-Unis

terme pour l'économie des pays sous-développés. Outre l'augmentation du revenu national qui pourrait résulter d'une meilleure situation énergétique et d'une diminution du coût de l'énergie, elle pourrait entraîner la création de nouveaux centres d'activité économique, l'introduction de procédés de fabrication qui jusqu'alors n'étaient pas rentables, l'économie de devises étrangères et un essor général sur le plan scientifique et technologique.

Fondant leur analyse sur l'histoire économique du Japon, MM. Kawashima et Suzuki ont exposé le processus qui permettrait d'introduire les génératrices nucléaires dans les pays en voie de développement. Ils ont fait valoir que l'industrialisation s'accompagne nécessairement d'une augmentation de la consommation d'énergie électrique. Aux premiers stades de l'industrialisation, lorsque l'approvisionnement en énergie électrique est organisé essentiellement sur le plan local, les génératrices nucléaires de petite ou moyenne puissance peuvent avoir un rôle important à jouer dans la production d'électricité et de chaleur industrielle. Par la suite, lorsqu'on procédera à l'interconnexion des réseaux sur le plan régional, national ou même international, il sera sans doute plus avantageux de construire de grandes génératrices pour les incorporer dans les réseaux interconnectés.

Une suggestion confirmant cette analyse a été formulée par M. van der Spek (Belgique), selon lequel on devrait songer à concevoir de petites centrales nucléaires mobiles, pouvant être transportées en d'autres lieux lorsque l'augmentation de la demande justifie leur remplacement par des centrales plus importantes.

Le fait que des centrales nucléaires mobiles sont déjà à l'étude a été souligné par M. Bratton (Etats-Unis) dans un mémoire sur le programme des Etats-Unis en vue de la mise au point de petites génératrices pour bases isolées. En plus de la mobilité, ces génératrices devront avoir les qualités suivantes: simplicité, sécurité et robustesse, qui les rendront particulièrement adaptées aux besoins des régions éloignées. Il ressort de l'analyse présentée par M. Bratton que ces centrales, bien que

leur coût initial soit toujours plus élevé que celui d'une centrale classique analogue, seraient concurrentielles dans les régions où le prix des combustibles classiques est suffisamment élevé. Ce sera le cas pour une centrale nucléaire de 5 MWe que l'on doit installer dans l'Antarctique ainsi que pour des centrales de 40 et 20 MWe que l'on envisage pour Okinawa et Guam, respectivement.

Production de chaleur industrielle

Bien que la Conférence se soit surtout occupée de l'utilisation des génératrices nucléaires pour la production d'électricité, elle a aussi étudié les possibilités de production de chaleur industrielle. MM. Forgo, Halzl et Torma (Hongrie) ont présenté un mémoire d'où il ressort que pour les petits pays possédant une industrie assez développée, comme la Hongrie, la production de chaleur industrielle pourrait être une application initiale de l'énergie atomique plus économique que la production d'électricité. Pour ces pays, les grandes génératrices nucléaires d'électricité seraient trop coûteuses et il ne serait guère pratique d'en inclure de petites dans les réseaux interconnectés. En revanche, les installations productrices de chaleur industrielle ne doivent généralement pas avoir une grande puissance, elles risquent moins de se démoder, elles peuvent fonctionner à un facteur de charge très élevé et, enfin, elles permettraient de former du personnel pour les futures centrales nucléaires de grande taille.

D'après ces auteurs, une industrie est particulièrement susceptible d'utiliser de la chaleur d'origine nucléaire si certaines conditions sont remplies : facteur de charge élevé, demande de températures comprises entre certaines valeurs, emplacement très éloigné de sources de combustibles fossiles. Parmi les clients éventuels, ils ont mentionné les industries de l'aluminium, du papier, des matières plastiques, du cuir, de l'azote, du caoutchouc, ainsi que les industries textiles, pétrochimiques et pharmaceutiques.

Selon une communication de MM. Baines et Conway-Jones, il existe au Royaume-Uni 50 usines chimiques dont la consommation de vapeur est supérieure à 150 000 lb/h, chiffre que les auteurs considèrent comme souhaitable pour l'utilisation efficace de la chaleur d'origine nucléaire. Ils ont décrit un réacteur à ralentisseur organique, capable de produire de la vapeur répondant aux besoins très variés d'énergie thermique et électrique de l'industrie chimique. Ils ont constaté que, sous certaines conditions touchant la demande d'électricité et de vapeur et la répartition des coûts entre les deux, une telle installation pourrait être rentable.

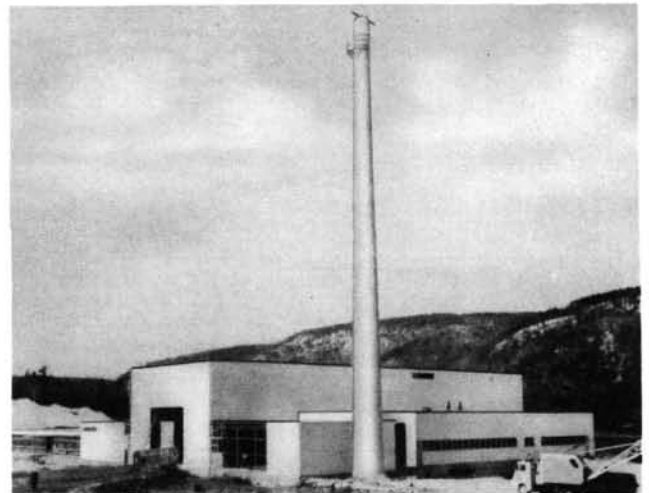
Sécurité des réacteurs

MM. Biles et Beck (Etats-Unis) ont souligné la nécessité d'élaborer des critères et des normes de sécurité bien définis en ce qui concerne l'emplacement, les plans et la construction des réacteurs, ainsi que la compétence du personnel d'exploitation. Ils ont exposé les critères préliminaires actuellement à l'étude dans leur pays. Ils ont cependant conclu que le manque d'expérience et les incertitudes qui subsistent quant à la méthode à suivre ne

permettaient pas d'adopter dès maintenant des normes précises, de sorte que l'évaluation de la sécurité des réacteurs est dans une large mesure une question de jugement fondé sur des principes généraux.

M. Jantsch (Suisse) a fait observer que les réacteurs souterrains offrent une plus grande sécurité ; en effet, le sous-sol rocheux protège, d'une part, le milieu ambiant contre les effets d'un accident nucléaire et, d'autre part, le réacteur contre la destruction par des facteurs extérieurs. Il a présenté une évaluation de l'accident le plus grave que l'on puisse prévoir dans une installation souterraine et a démontré que les suites d'un tel accident seraient relativement peu sérieuses.

En revanche, M. Vélez (Mexique) a fait ressortir que les effets de la libération accidentelle de produits de fission diminuent lorsque l'élévation de la source augmente. En conséquence, il a recommandé que les réacteurs soient conçus et situés de telle sorte que toute source éventuelle de produits de fission soit aussi élevée que possible.



Le réacteur NPD-2, premier réacteur de puissance canadien, dont la construction sera bientôt achevée

Expérience acquise dans la construction et l'exploitation

Bien que la production d'énergie d'origine nucléaire soit une activité relativement récente - la première centrale nucléaire ayant été mise en service il y a six ans seulement - on possède déjà une bonne expérience dans la construction et l'exploitation de centrales nucléaires. Plusieurs communications étaient consacrées à une description et à une évaluation de cette expérience.

M. Minachine (URSS) a exposé les conditions d'exploitation depuis 1954 de la première centrale nucléaire de l'Union soviétique. Il a insisté surtout sur le fonctionnement impeccable des cartouches de combustible normalisées qui sont utilisées, aucune défaillance n'ayant été enregistrée jusqu'à ce jour. Lors des essais, certaines cartouches de combustible ont dépassé sensiblement la durée de fonctionnement prévue. Le mémoire décrit diverses autres

expériences auxquelles il a été procédé dans cette centrale, notamment la première surchauffe mondiale de vapeur nucléaire. L'expérience acquise grâce à l'exploitation de cette centrale pilote a servi de base à l'étude et à la construction de la grande centrale nucléaire I. V. Kourtchatov, à Béloïarsk.

MM. Touhy et Marsham (Royaume-Uni) ont décrit dans leur communication l'expérience acquise au cours des quatre ans d'exploitation de la centrale nucléaire de Calder Hall. Ils ont indiqué que des défaillances sérieuses s'étaient produites uniquement dans le matériel de production d'électricité et que, dans chaque cas, les circuits de sécurité avaient empêché tout effet fâcheux sur les réacteurs. Dans toutes les zones contrôlées, les doses de rayonnements étaient tout à fait acceptables.

MM. Roy et Kettles (Etats-Unis) ont décrit les modifications apportées au caisson étanche du réacteur expérimental à eau bouillante du Laboratoire national d'Argonne, dans le cadre d'une opération visant à porter la puissance nominale de 20 à 100 MWt. Le succès de cette opération confirme que l'entretien de ce type de réacteur est extrêmement simple.

D'autres communications d'experts des Etats-Unis résumaient les données recueillies au cours des trois ans d'exploitation d'un petit réacteur à eau sous pression et les méthodes d'exploitation et d'entretien appliquées à deux réacteurs à eau bouillante.

Plusieurs mémoires présentés par des experts britanniques traitaient des besoins en personnel des centrales nucléaires. MM. Touhy et Marsham ont indiqué que l'exploitation des quatre réacteurs de Calder Hall exige 50 spécialistes et environ 80 surveillants dont relèvent 280 ouvriers semi-qualifiés et 230 agents des services d'entretien. De son côté, M. Guard a conclu que pour des centrales nucléaires bien conçues, comportant un seul réacteur et une seule turbine, il faudrait sans doute plus d'un "homme par mégawatt" pour des puissances inférieures à 100 MWe, mais que ce taux devrait décroître rapidement au-dessus de 150 MWe et ne pas être très supérieur à 0,5 homme par mégawatt pour une grande centrale à deux réacteurs. Enfin, M. Frost a souligné que pour assurer le bon fonctionnement d'une centrale nucléaire, il fallait disposer d'une équipe combinant de manière appropriée des spécialistes des réacteurs et des techniciens de l'appareillage mécanique et électrique.

Les problèmes que pose la construction proprement dite des centrales nucléaires ont fait l'objet d'un mémoire présenté par MM. Knowles et Leader (Royaume-Uni). Ces experts ont conclu que la construction d'une centrale nucléaire diffère de celle d'une installation classique pour des raisons de précision et de souci du détail, ainsi que par un plus grand besoin de coordination. Il s'ensuit que les équipes doivent avoir des cadres plus étoffés et très qualifiés, et que le personnel doit avoir reçu une certaine formation théorique. Dans une autre communication, M. Knowles a fait état des méthodes adoptées pour la construction de la centrale nucléaire de Chapel Cross, dont les plans prévoyaient l'achè-

vement du premier réacteur en trois ans et des trois autres dans l'année suivante. La société de construction a dû affecter à cette entreprise un personnel beaucoup plus nombreux que pour les centrales classiques de puissance équivalente. Néanmoins, une grande partie des travaux étaient analogues à ceux qu'implique la construction de centrales classiques, de sorte que la majeure partie du personnel avait pu être recrutée parmi les travailleurs expérimentés dans la construction de ces installations.

MM. Beeley et Mahlmeister (Etats-Unis) ont expliqué comment les difficultés rencontrées dans la mise au point d'un réacteur expérimental peuvent servir de guide pour améliorer les plans d'un grand réacteur de même type. Il s'agit en l'occurrence d'un réacteur expérimental au sodium, en Californie, qui a connu divers incidents concernant notamment les cartouches de combustible. Pour empêcher que de tels incidents ne se reproduisent, on a apporté plusieurs modifications qui ont été incorporées dans les plans de la grande centrale nucléaire de Hallam, actuellement en construction au Nebraska, pour laquelle les auteurs augurent un grand degré de sécurité et une longue durée de service.

Evaluations techniques

Au programme de la Conférence figurait aussi la présentation de mémoires sur les caractéristiques techniques et les perspectives économiques de toute une gamme de réacteurs qui sont actuellement mis au point dans les principaux pays industriels et qui semblent se prêter à la construction de centrales de petite ou moyenne puissance. Parmi les réacteurs considérés, il faut citer les types suivants : à eau bouillante, avec ou sans surchauffe ; ralentis à l'eau lourde ; à eau sous pression ; à ralentisseur organique ; refroidis par un gaz.

Conclusion

A la séance de clôture de la Conférence, le Directeur général de l'Agence, M. Sterling Cole, a déclaré qu'en faisant le bilan des aspects techniques et économiques de l'énergie d'origine nucléaire, la Conférence avait permis d'apprécier la situation d'une façon réaliste. Il en a conclu que les perspectives étaient favorables et encourageantes, bien que d'une manière générale l'énergie d'origine nucléaire coûte encore plus cher que l'énergie classique. De son côté, M. de Laboulaye, Directeur général adjoint, a souligné la grande utilité des échanges de vues et d'expériences sur la construction et l'exploitation des réacteurs et sur leur sécurité ; les discussions ont montré que sur le plan technique les réacteurs de puissance étaient devenus tout à fait sûrs. A une conférence de presse tenue le dernier jour de la Conférence, M. de Laboulaye a émis l'avis que l'évaluation des prix de revient de l'énergie d'origine nucléaire, bien que n'ayant pas encore reçu la sanction de l'expérience, se présentait sous un jour nettement plus favorable qu'en 1958, lors de la Conférence de Genève sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques. "Ceci", a dit

M. de Laboulaye, "montre que nous sommes sur la bonne voie."

Les actes de la Conférence seront publiés par l'Agence au début de 1961.

RAPPORT SUR LES OPERATIONS DE DOSIMETRIE EFFECTUEES A VINCA

Le Directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique a reçu le rapport de l'équipe scientifique du Laboratoire national d'Oak Ridge (Etats-Unis d'Amérique) sur les opérations de dosimétrie effectuées dans le courant de l'année à Vinca (Yougoslavie).

Les conclusions des experts d'Oak Ridge ont été examinées lors d'une réunion sur le diagnostic et le traitement des radiolésions aiguës, organisée à Genève, du 17 au 22 octobre 1960, par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Agence. Une trentaine de spécialistes parmi les plus éminents du monde entier, venant des Etats-Unis d'Amérique, de France, de l'Inde, des Pays-Bas, du Royaume-Uni, de l'Union soviétique et de Yougoslavie, ainsi que des experts appartenant aux secrétariats des institutions organisatrices ont participé à cette réunion.

L'équipe d'Oak Ridge, sous la direction de M. K.Z. Morgan, fut l'un des principaux participants à l'expérience commune de dosimétrie menée sous les auspices de l'AIEA à Vinca; ce projet visait à mettre en lumière le rapport entre les doses exactes reçues et les effets cliniques observés immédiatement après l'emballement du réacteur de Vinca en octobre 1958 et pendant la période de traitement des six personnes irradiées, à Belgrade et à Paris.

Il est très rare de pouvoir obtenir des données précises sur le rapport entre les doses de rayonnements et leurs effets sur l'homme; l'expérience de Vinca est donc unique à bien des égards. On considère que les résultats obtenus sont très précieux à la fois pour l'étude scientifique des effets des rayonnements et l'amélioration des méthodes thérapeutiques.

Le rapport de l'équipe d'Oak Ridge aboutit à la conclusion que les six personnes exposées ont reçu des doses totales (rayons gamma et neutrons) allant de 207 à 436 rads (voir le tableau ci-après).

Le rad est l'unité de dose absorbée, c'est-à-dire la quantité d'énergie cédée par des particules ionisantes à l'unité de masse de la substance irradiée. Un rad égale 100 ergs par gramme.

L'un des quatre mannequins utilisés au cours de l'expérience de dosimétrie qui a eu lieu sous les auspices de l'AIEA à l'Institut Boris Kidric, à Vinca, Yougoslavie

