la quatrième conférence de genève

La quatrième Conférence internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques a eu lieu à Genève du 6 au 16 septembre. Organisée par le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies, avec l'aide du Comité consultatif scientifique de l'ONU, en coopération avec l'Agence internationale de l'énergie atomique et en consultation avec les institutions spécialisées compétentes de l'ONU, la Conférence a tenu particulièrement compte des questions susceptibles d'intéresser les fonctionnaires, les économistes et les planificateurs aussi bien que les techniciens. Le présent article reprend les principaux points évoqués par les orateurs à l'ouverture de la Conférence et à la séance de clôture. Les compte rendus complets des travaux de la Conférence seront publiés dans quelques mois.

Le programme de la Conférence comportait l'examen des sujets suivants: l'énergie nucléaire et ses applications spéciales; les combustibles, les cycles des combustibles et des autres matériaux nucléaires; les problèmes de santé, de sécurité et de droit relatifs à l'utilisation de l'énergie nucléaire; les applications des radioisotopes et des rayonnements; les problèmes administratifs et internationaux relatifs à l'énergie nucléaire, et la technologie nucléaire et les pays en voie de développement.

Au cours des 10 séances générales et des 51 séances techniques 514 mémoires ont été présentés; il y a eu en outre deux groupes d'étude. Quelque 1800 délégués et conseillers envoyés par 79 pays et plusieurs organismes de l'ONU, ainsi que plus de 2000 observateurs ont assisté à la Conférence.

La réunion a permis de passer en revue les performances des centrales nucléaires actuelles et de leurs combustibles, et d'évaluer la demande des ressources mondiale d'énergie extrapolée jusqu'à l'an 2000 et la part que l'énergie nucléaire est appelée à fournir pour répondre à cette demande. On a insisté sur les questions de sécurité et sur le calcul des prix de revient des centrales nucléaires, sur leur intégration dans les réseaux électriques et leur incidence sur l'environnement. Deux autres grands sujets évoqués par la Conférence ont été les conséquences globales de l'équipement nucléoénergétique des pays en voie de développement et l'application des radioisotopes et des rayonnements dans ces pays. La réalisation de réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides a suscité beaucoup d'intérêt, car elle représente une solution du problème de la planification des ressources mondiales d'uranium; visant encore plus loin,

plusieurs mémoires étaient consacrés à la situation et aux perspectives en ce qui concerne les réactions thermonucléaires contrôlées, c'est-à-dire la possibilité de tirer de l'énergie à partir de la fusion.

Les aspects sanitaires, juridiques et de sécurité de l'utilisation de l'énergie nucléaire ont fait l'objet de plusieurs séances techniques; lorsque la Conférence a examiné les aspects internationaux et administratifs de l'emploi de l'énergie nucléaire, elle s'est particulièrement intéressée au problème des garanties des matières nucléaires contre tout détournement de leurs fins pacifiques.

Au cours de deux groupes d'étude, d'éminents spécialistes ont évoqué les aspects écologiques de l'énergie d'origine nucléaire et l'information du public, et l'équipement nucléoénergétique des pays en voie de développement; et ils ont répondu aux nombreuses questions qui leur ont été posées.

Pendant la Conférence, une exposition scientifique gouvernementale à laquelle participaient 19 pays a été organisée au Palais des expositions sur le thème suivant: «L'atome au service du développement»; d'autre part, une exposition illustrant les diverses branches d'activité de l'AIEA était installée au Palais des Nations, où avait lieu la Conférence.

Importance de la Conférence

La Conférence a été ouverte officiellement par son Président M. Glenn Seaborg, Président sortant de la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis. Des discours liminaires ont été prononcés, notamment par les personnalités suivantes: M. Philippe de Seynes, Secrétaire général adjoint des Nations Unies pour les affaires économiques et sociales, au nom du Secrétaire général U Thant; M. Seaborg, M. Sigvard Eklund, Directeur général de l'AIEA, et le professeur I. I. Rabi, Vice-président de la Conférence et membre du Comité consultatif scientifique de l'ONU.

M. de Seynes a déclaré que des réunions comme la Conférence de Genève sont extrêmement importantes parce qu'elles éliminent les restrictions artificielles qui empêchent le libre échange de la documentation entre les scientifiques; cet objectif a été atteint dans une grande mesure; en revanche, un autre objectif, le transfert des connaissances scientifiques et techniques aux pays en voie de développement ne l'a pas été.

Il a parlé de la grande importance des activités de l'ONU qui visent à contrôler les effets néfastes de l'énergie atomique, ce qui se traduit par la conclusion de traités relatifs à l'interdiction des armes nucléaires et à des accords de garanties liés à la croissance de la production nucléoélectrique. Mais, a-t-il ajouté, «cela ne signifie pas que tout est parfait et je regrette que les essais d'armes continuent. J'espère sincèrement qu'un accord portant interdiction complète de ces armes sera conclu prochainement à la Conférence de la Commission de désarmement qui se réunit actuellement à Genève». L'énergie nucléaire, assortie de garanties appropriées et utilisée en toute sécurité, peut apporter des bienfaits insoupçonnées à l'humanité; ses progrès, les garanties à lui appliquer et son utilisation en toute sécurité sont dans une large mesure la responsabilité de tous ceux qui participent à la quatrième Conférence de Genève.

M. Seaborg, dans son discours d'ouverture, a évoqué les trois précédentes Conférences de Genève qui ont eu lieu en 1955, en 1958 et en 1964. Il a rappelé tout d'abord que le regretté Dr. Homi Bhabha avait prophétisé que l'énergie nucléaire serait importante non seulement pour les pays industrialisés, mais aussi pour les pays en voie de développement. Mais la deuxième Conférence présidée par M. Francis Perrin, a été marquée par «un pessimisme relatif», puisque le grand physicien

français a prédit que, dans la période initiale, l'énergie nucléaire serait principalement utile aux pays très industrialisés. Cette période tire maintenant à sa fin; en 1980, il est probable que des centrales nucléaires seront en exploitation dans 15 pays actuellement considérés comme en voie de développement. De plus, les deux premières Conférences ont eu une grande importance parce qu'elles ont permis de lever le voile du secret qui entourait l'énergie nucléaire, en ouvrant de nouvelles possibilités de communiquer.

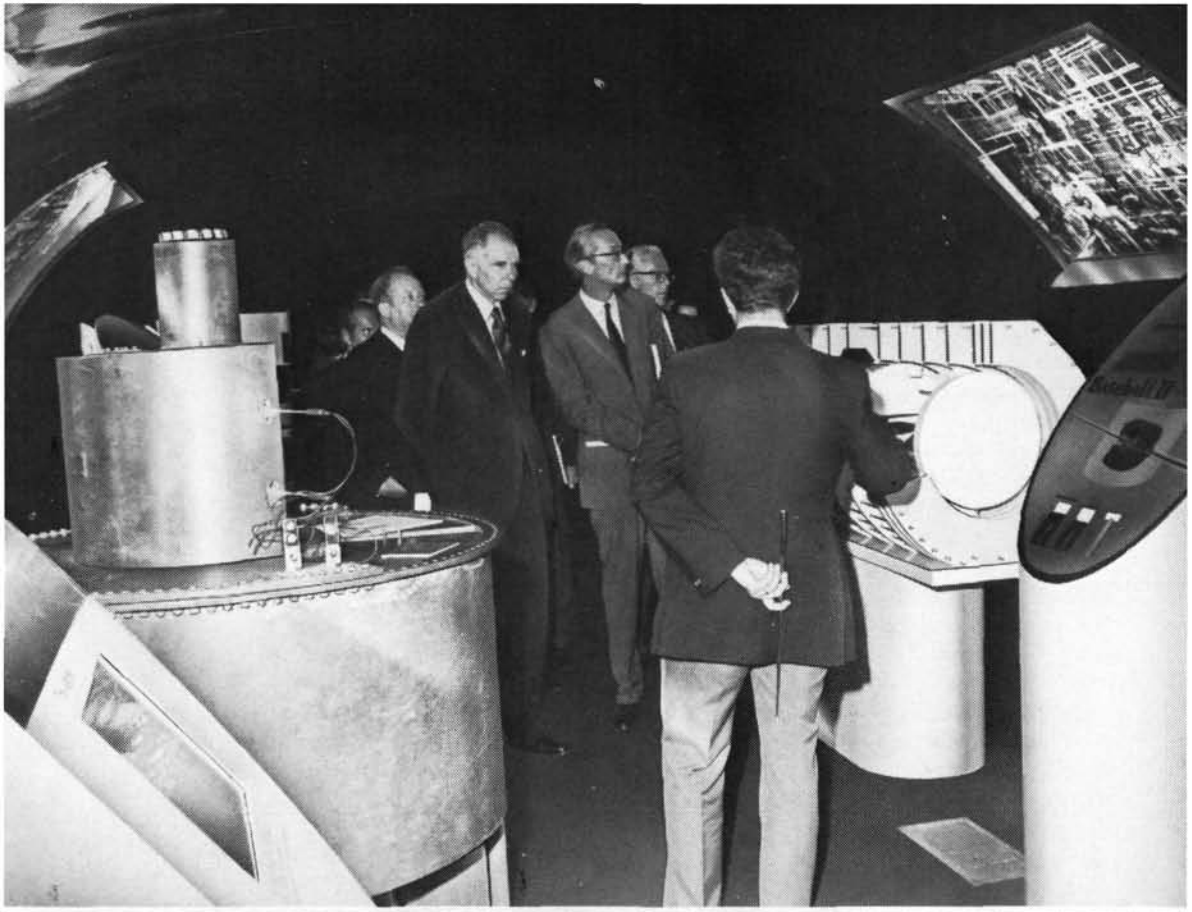
«La troisième Conférence de Genève», a-t-il poursuivi, «a marqué une date historique», l'avènement de l'énergie d'origine nucléaire rentable. Avec une capacité nucléaire de plus de 150 millions de kilowatts pour les centrales actuellement en exploitation, en construction ou commandées dans le monde, il ne fait aucun doute qu'on a réalisé maintenant une «percée économique» pour ce qui est de la technologie de l'énergétique nucléaire. M. Seaborg a souligné qu'en matière de science nucléaire le progrès ne survenait pas tout simplement, mais était le résultat de décisions et d'actes délibérés des gouvernements et des hommes de science. Il reste encore de grandes tâches à accomplir pour la technologie nucléaire: exploiter les ressources énergétiques de l'uranium-238 et du thorium-232 en réalisant un réacteur surgénérateur rentable; mettre à profit l'occasion sans précédent offerte par l'énergie d'origine nucléaire de mettre fin à la pollution de l'environnement par les combustibles classiques et les produits de combustion; étudier les plasmas et leur comportement en vue de les exploiter comme sources d'électricité; étendre les application des radioisotopes, notamment en médecine et en agriculture.

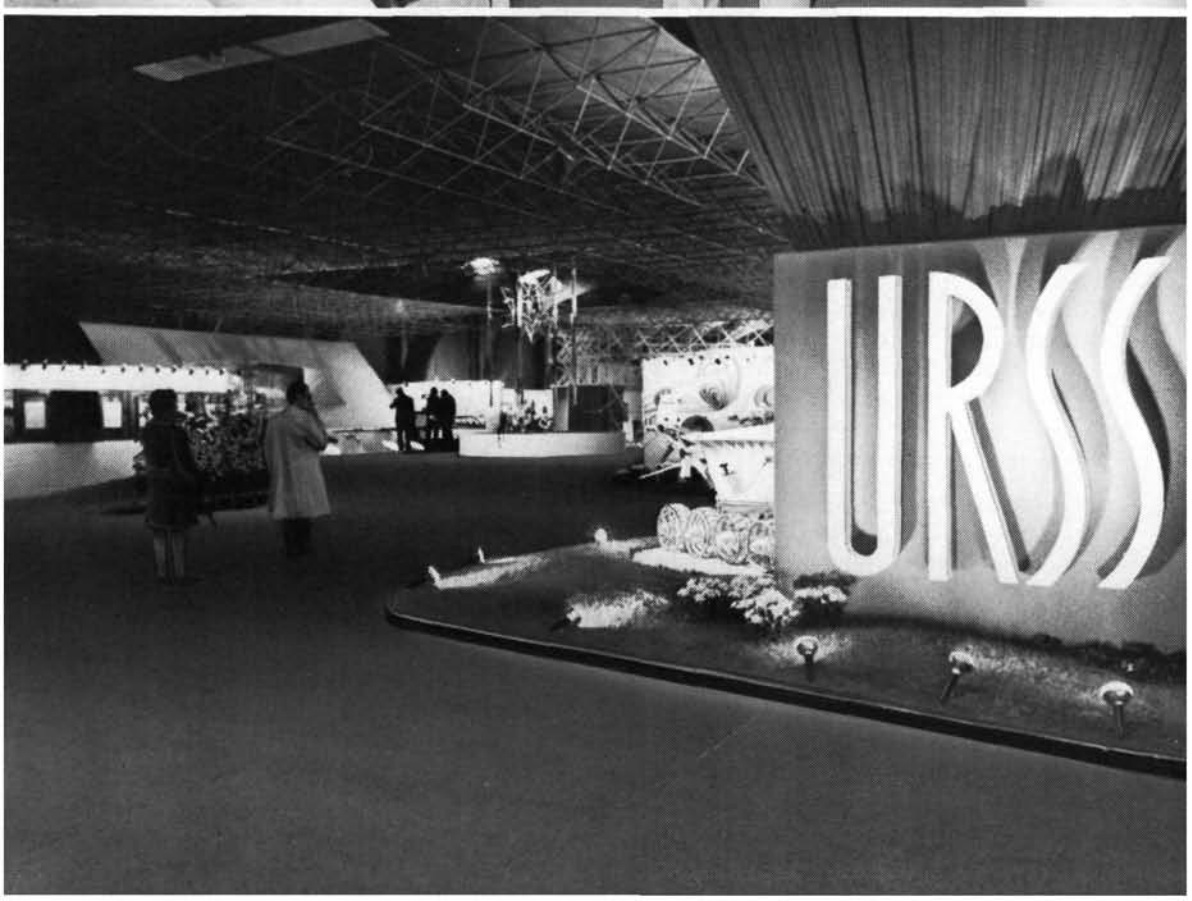
De la terre à Mars?

En ce qui concerne l'avenir, M. Seaborg pense que grâce à la propulsion nucléaire, des planètes extérieures comme Jupiter seront certainement étudiées au moyen d'instruments avant la fin de ce siècle et que l'homme pourra sans doute aller sur Mars par le même moyen. «Des satellites stationnaires géants équipés de réacteurs nucléaires compacts diffuseront des programmes de télévision et autres messages qui seront captés directement par les récepteurs à terre. Des bateaux-citernes et autres bateaux marchands à propulsion nucléaire sillonneront sans doute les mers. Des explosifs nucléaires pacifiques seront employés sur une vaste échelle pour faciliter la récupération des ressources naturelles souterraines et peut-être pour modifier la topographie pour construire des ports, des canaux et des réservoirs.» Il est également probable que des accords internationaux seront conclus pour assurer le transport et l'évacuation en toute sécurité des matières radioactives. Le commerce dans le domaine nucléaire se banalisera et ne sera soumis qu'à une condition: que ses objectifs nucléaires soient contrôlés par des accords de garanties appropriés. La coopération internationale continuera d'être florissante, mais elle sera moins du ressort des gouvernements et davantage de celui des hommes de science et de l'industrie. A la pointe de la science nucléaire, de plus grands accélérateurs seront construits sous des auspices internationaux.

Inauguration officielle du stand des Etats-Unis au Palais des expositions. Photo: ONU

Vue générale du stand de l'URSS. Photo: ONU




URSS

Le rôle croissant de l'énergie d'origine nucléaire

Prenant ensuite la parole, M. Eklund a rappelé aux délégués que l'énergie nucléoélectrique représente actuellement environ un 2% de la puissance installée; on pense que ce chiffre passera à 13% en 1980 et à 50% vers l'an 2000.

Les problèmes actuels sont les suivants: résoudre certaines questions pratiques d'exploitation des centrales installées; intégrer l'industrie nucléaire dans les économies nationales; s'assurer des approvisionnements suffisants de combustibles nucléaires; abaisser les barrières commerciales et démontrer au consommateur que l'utilisation de l'énergie nucléoélectrique n'a aucun effet néfaste sur l'environnement.

Depuis que l'énergie nucléaire est sortie de l'enfance, les matières nucléaires ont acquis une importance stratégique. Il est capital que l'on prenne des mesures sur le plan international dès maintenant pour assurer leur réglementation et leur contrôle. Les combustibles nucléaires, principalement lorsqu'ils sont irradiés, doivent être manipulés comme des substances dangereuses, ce qui exige une attention particulière lorsqu'on les transporte d'un pays à l'autre.

La croissance de l'énergie d'origine nucléaire dépend largement des approvisionnements d'uranium et de l'enrichissement de l'uranium. Aussi, l'Agence européenne pour l'énergie nucléaire (ENEA) et l'AIEA procèdent-elles ensemble à des enquêtes périodiques sur les réserves mondiales d'uranium et de thorium, dont la conclusion est que l'on devra trouver beaucoup plus de gisements d'uranium a partir de 1980 pour satisfaire la demande croissante. L'AIEA suit également de très près la réalisation de nouvelles installations d'enrichissement.

En ce qui concerne l'environnement, ce problème doit être placé dans sa perspective véritable. «En fait», a souligné M. Eklund, «à part l'énergie hydroélectrique qui pose d'ailleurs des problèmes particuliers pour l'environnement, la centrale nucléaire offre le moyen le plus propre de produire de l'électricité.»

M. Eklund a dit encore que le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires, qui est entré en vigueur le 5 mars 1970, doit avoir —s'il est convenablement appliqué — une forte incidence tant sur le développement pacifique de l'énergie nucléaire que sur le contrôle des armes nucléaires. «L'Agence a été désignée, il est inutile de le rappeler, comme l'organe de contrôle du traité, c'est-à-dire que les Etats non dotés d'armes nucléaires acceptent les garanties de l'Agence pour que celle-ci puisse s'assurer qu'ils s'acquittent de leurs obligations... L'Agence a entamé la négociation d'accords de garanties avec les Etats non dotés d'armes nucléaires parties au traité.» Jusqu'ici le traité a été signé par 98 Etats non dotés d'armes nucléaires et ratifié par 66 d'entre eux.

L'énergie nucléaire et l'humanité

Le Professeur Rabi a consacré son exposé à la manière dont le genre humain est touché par le développement de l'énergie atomique. Bien qu'elle soit encore loin d'avoir atteint son palier, a-t-il dit, l'énergie atomique n'est plus a ses débuts; elle est devenue une très grande affaire, aussi bien pour le secteur privé que pour le secteur public. Ses applications affectent presque toutes les activités importantes de l'industrie, de la science, de l'hygiène, de l'archéologie et même de l'astronomie.

«L'explosion démographique et la recherche d'un niveau de vie plus élevé, ont imposé des contraintes énormes à l'environnement et l'on assiste à l'épuisement des ressources minérales et des matières brutes

comme la houille, le gaz et le pétrole dans une hâte euphorique. L'homme avance aveuglément, certain que la science trouvera une solution aux problèmes posés par la diminution des ressources naturelles.»

M. Rabi a fait observer que les populations humaines sont maintenant à la fois si denses et si éparpillées que, bientôt, l'on ne disposera plus d'autres emplacements à exploiter. «On ne doit pas oublier que l'élimination de nombreuses espèces vivantes par l'action ou la négligence de l'homme peut n'être que le prélude à l'élimination de l'humanité elle-même.»

Parlant du «danger le plus immédiat de tous, la guerre nucléaire», le professeur Rabi a déclaré «cette menace insensée qui plâne sur la civilisation, et même sur la survie de l'homme, est sans précédent dans l'histoire... Nous pouvons espérer que l'homme, et c'est sa survie qui est en jeu, prendra profondément conscience que l'objectif le plus noble qu'il peut avoir est la compréhension réciproque dans l'univers, objectif qui doit passer avant toutes les visées mesquines et les querelles de clocher qui troublent la paix et menacent l'existence future du genre humain».

La synthèse

A la clôture de la Conférence, le Professeur Nikolai Bogolioubov, Membre de l'Académie des sciences de l'URSS, a résumé les travaux de la Conférence. Tout en exprimant son désir de s'acquitter de sa tâche de la manière la plus objective possible, il a déclaré qu'étant un scientifique, il ne pouvait parler que de ce qu'il considère comme les réalisations les plus fondamentales parmi celles qui ont été signalées.

Il ne fait aucun doute que l'échange d'idées scientifiques et techniques qui a eu lieu à la Conférence et la démonstration des progrès réalisés dans divers pays auront des répercussions considérables sur le futur développement de la science et de la technologie nucléaires.

«Au cours des sept années qui se sont écoulées depuis la troisième Conférence de Genève», a-t-il dit, «la science et le génie atomiques se sont beaucoup développés dans virtuellement tous les pays du monde.» Les mémoires présentés par des scientifiques et des experts envoyés par de nombreux pays, permettent de conclure que la quatrième Conférence de Genève a vraiment montré que les utilisations pratiques de l'énergie nucléaire brûlent les étapes.

«Au moment de la première Conférence de Genève de 1955, la production nucléoélectrique était représentée par une seule centrale atomique (la centrale d'Obninsk, d'une puissance de 5 MW), tandis qu'au moment de la quatrième Conférence le nombre des réacteurs de puissance en exploitation ou en construction dépassait 230. D'après les données présentées par l'AIEA, il y avait à la fin d'avril 1971, 102 réacteurs en fonctionnement et 131 réacteurs de puissance en construction.

«Les réalisations de la technologie nucléaire et son utilisation à des fins pacifiques ont attiré l'attention non seulement des hommes de science et des ingénieurs, mais aussi des hommes d'Etat.

«A l'heure actuelle, un grand nombre de pays ont des plans quinquénaux ou des programmes nationaux à longue échéance pour le développement de la science et du génie nucléaires. L'existence de ces programmes nationaux, ainsi que la coopération dans le cadre de l'Agence internationale de l'énergie atomique et d'autres organisations internationales spécialisées, permet de résoudre les problèmes très importants posés par l'utilisation rationnelle de l'énergie nucléaire. Les communi-

cations présentées à cette Conférence et les discussions fécondes qui ont eu lieu ici au Palais des Nations, à l'Exposition scientifique gouvernementale et en divers autres lieux de Genève, ont beaucoup contribué à la solution des problèmes posés par l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques.»

Etant donné le caractère international des travaux qui touchent cette technologie, il ne convient pas de mettre en vedette le rôle joué par tel ou tel pays en particulier. Tous les apports individuels concourent à l'ensemble des réalisations internationales.

Au cours de la Conférence, les promesses initiales se sont confirmées et il est clair que l'objectif visé a été atteint. La personnalité des participants et la nature des mémoires présentés à la Conférence montrent que l'énergie nucléaire continue à consolider ses positions dans une large gamme d'activités humaines et que sa sphère la plus importante d'application —la production d'électricité nucléaire— a atteint le stade de l'expansion à l'échelle mondiale.

Cet essor de la production d'énergie d'origine nucléaire «fait apparaître plusieurs problèmes importants qui ont pu échapper à l'attention de beaucoup de personnes aux stades antérieurs», a-t-il dit. «Il s'agit surtout des effets sur l'environnement, de la sécurité de la population, des problèmes d'enfouissement des déchets radioactifs, de l'intégration des centrales nucléaires dans les réseaux d'interconnexion, du choix du meilleur cycle de combustible pour diverses filières de réacteurs et d'études de la résistance des matériaux structurels.

«Une enquête sur la demande mondiale d'énergie et les ressources énergétiques mondiales montre qu'à la fin de ce siècle, la moitié de l'énergie électrique totale produite dans le monde proviendra des centrales nucléaires. On notera, d'après ces prévisions, que la production d'énergie d'origine nucléaire pourrait atteindre 3 millions de mégawatts vers l'an 2000. Une étude des besoins montre qu'en 1980 la capacité nucléaire installée sera d'environ 300 000 MW(e) et que dans les vingt années suivantes, la production d'électricité nucléaire augmentera d'un facteur de huit à dix environ. Il en résulte un problème extrêmement complexe et difficile, pour ne pas dire plus, qui réclame la participation des scientifiques, des techniciens et des planificateurs industriels du monde entier. C'est une tâche que l'on pourrait presque qualifier de prodigieuse.

«La solution de ces problèmes est en cours grâce à l'implantation de nombreux réacteurs à neutrons thermiques et à l'étude des difficultés technologiques que présentent les réacteurs à neutrons rapides.»

Les réacteurs thermiques ont fait l'objet de longues études et sont maintenant adoptés dans l'industrie. Leur exploitation a connu des succès et des difficultés; il est maintenant clair que les difficultés ont été surmontées dans l'ensemble et que l'expérience acquise permet de déterminer les préalables du développement rapide de la production d'énergie d'origine nucléaire. L'étude de l'expérience acquise dans la réalisation et l'exploitation de ces réacteurs est un des sujets très importants qu'a traités la Conférence.

La sécurité

Un autre ensemble de questions scientifiques et techniques qui a suscité un intérêt considérable parmi les participants est l'exploitation des centrales nucléaires. Ce problème comporte divers aspects: il faut construire convenablement les réacteurs et leur système de refroidissement; il faut tenir compte des facteurs naturels et bien chosir le site; il

faut mettre au point des normes, des règlements et des procédures visant à assurer la sécurité de l'exploitation; il faut contrôler la sûreté et la qualité des matériels.

Pour résoudre ces problèmes d'une manière judicieuse et précise il faut tenir compte de la dimension des installations et de la nécessité de les implanter dans des régions à forte densité de population, en y attirant en grand nombre la main-d'œuvre nécessaire, sans parler des constructions et entreprises industrielles nouvelles de toutes sortes qui accompagnent ces centrales.

La Conférence a évoqué également la mise au point et la construction de filières perfectionnées de réacteurs, caractérisées par un meilleur rendement thermodynamique et par un cycle de combustible à paramètres améliorés. Dans le même contexte général, on a également parlé du réacteur à haute température refroidi par un gaz, des réacteurs à eau lourde de divers types, du réacteur à graphite et eau bouillante, des réacteurs à sel fondu et des réacteurs à gaz dissociants.

Les réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides permettent de mieux utiliser les ressources de matières brutes qui servent à fabriquer le combustible nucléaire pour la production d'électricité. On a consacré la plus grande attention, dans les pays développés, à la mise au point de réacteurs de ce type.

Des réacteurs rapides expérimentaux sont en exploitation depuis plusieurs années aux Etats-Unis, en Union soviétique, au Royaume-Uni et en France. Des réacteurs analogues sont construits en Italie, au Japon et en République fédérale d'Allemagne. Ils ont déjà fait la preuve de leur stabilité et de leur fiabilité opérationnelle, et on espère bientôt avoir l'expérience nécessaire pour pouvoir construire pour l'industrie. Actuellement la tendance générale et les caractéristiques fondamentales de cette filière ont été établies: refroidissement au sodium, combustible céramique dans une gaine d'acier oxydable, circuit à trois boucles avec turbines à vapeur. Mais on est encore loin d'avoir résolu tous les problèmes technologiques mis en jeu dans la construction des grandes unités industrielles; pour l'immédiat on n'envisage que la réalisation de prototypes.

Les réacteurs rapides et le cycle du combustible

De grands réacteurs de puissance à neutrons rapides en sont aux derniers stades de construction et de montage en Union soviétique, au Royaume-Uni et en France. Les études sont terminées en République fédérale d'Allemagne et aux Etats-Unis pour des prototypes de démonstration ; d'autres projets sont à l'étude en Italie et au Japon.

Des travaux intensifs ont lieu dans plusieurs pays pour l'essai des éléments combustibles et du matériel. Ces questions, qui ont été évoquées à la Conférence, caractérisent bien la situation en ce qui concerne la maîtrise de la technologie des réacteurs surgénérateurs.

«Le principal effort dans le domaine des réacteurs rapides», a poursuivi l'orateur, «porte maintenant sur l'étude de la fiabilité des divers équipements et systèmes de commande dans les conditions réelles d'exploitation. On peut s'attendre que ces problèmes seront résolus dans les années qui viennent et qu'après 1980, on abordera la construction des réacteurs rapides industriels. Ce sera le commencement d'une nouvelle étape du génie énergétique, celle des réacteurs surgénérateurs produisant à la fois de l'électricité et du combustible réutilisable.

«L'essor de la production d'énergie atomique nécessite évidemment un développement parallèle à tous les stades du cycle du combustible. Il

L'académicien Bogolioubov résumant les travaux de la Conférence. Derrière lui M. Glenn T. Seaborg, Président de la Conférence. Photo: ONU

n'est pas nécessaire de redire qu'il importe d'assurer les approvisionnements en combustible. D'après une estimation donnée dans une des études d'ensemble présentées à la Conférence, les ressources connues des minerais dont on peut extraire de l'uranium à un coût maximum d'environ 22 dollars le kg représentent un million de tonnes. Cette quantité est suffisante pour satisfaire les besoins d'uranium seulement jusqu'à la fin de la décennie en cours. A ce sujet on a insisté pendant la Conférence sur la nécessité d'intensifier la prospection mondiale des nouveaux gisements d'uranium et d'améliorer les méthodes de traitement du minerai, particulièrement pour les qualités à faible teneur.

«Personnellement», a-t-il dit, «je crois qu'on ne saurait surestimer l'importance de nouvelles méthodes de production du combustible nucléaire par tous les moyens possibles, y compris l'extraction d'uranium de l'eau de mer qui en contient quelque 4 milliards de tonnes.»

Etant donné que, dans la plupart des réacteurs mis en service ou à l'étude on utilise de l'uranium enrichi, il est tout à fait logique que la Conférence se soit beaucoup intéressée aux problèmes de l'enrichissement isotopique de l'uranium et de l'amélioration des méthodes et procédés d'enrichissement.

Pendant la période entre la troisième et la quatrième Conférence de Genève, la fabrication du combustible et le traitement chimique du combustible usé ont fait de grands progrès. Mais il reste encore beaucoup à faire —par exemple mettre au point des méthodes de retraitement

du combustible des réacteurs rapides et améliorer celui du combustible contenant du thorium. «Il me semble», a-t-il ajouté, «qu'à moins de résoudre le problème des réacteurs à neutrons rapides, il sera impossible de produire de l'énergie atomique en grandes quantités.»

De la fission à la fusion

Enfin, la prochaine étape du développement du génie nucléaire doit être l'utilisation d'un nouveau type de combustible nucléaire: le plasma de deutérium à haute température. «Comme il y a 20 ans, les travaux les plus avancés sur la production du plasma à haute température d'une densité et d'une température suffisamment élevées reposent essentiellement sur la recherche de son isolement thermique magnétique. Je tiens à souligner ici que grâce à l'initiative d'un éminent savant soviétique, le regretté académicien Kourtchatov, en 1955, les travaux sur la fusion thermonucléaire contrôlée ont cessé d'être tenus secrets; cette divulgation a eu un effet extrêmement salutaire sur le développement général dans cet important domaine.

«Maintenant, le programme général des recherches thermonucléaires comporte des expériences dans trois directions principales: expériences visant à obtenir un plasma chaud dans une configuration magnétique fermée (Tokamak et stellarator), pièges magnétiques adiabatiques; et enfin expériences dans des champs magnétiques pulsés. Les études détaillées sur les propriétés des plasmas à haute température et l'imagination créatrice exceptionnelle des physiciens qui étudient ce problème ont permis de trouver les conditions optimales pour l'isolement thermique du plasma et, par conséquent, d'améliorer les principaux paramètres physiques. D'autre part, depuis la troisième Conférence de Genève on a pu améliorer aussi de presque un ordre de grandeur les paramètres du plasma dans les machines à miroirs magnétiques. De nets progrès ont été réalisés pour ce qui est des méthodes modernes de chauffage rapide du plasma dans des champs magnétiques pulsés.

«A part les secteurs sus-mentionnés du programme thermonucléaire qui sont devenus presque classiques, les recherches de ces dernières années se sont engagées dans des directions relativement nouvelles. Il s'agit de ces étonnantes expériences réalisées avec des appareils qui permettent d'engendrer un faisceau de plasma à haute température extrêmement dense dans un volume extrêmement réduit. Il est vrai que les perspectives de cette méthode ne sont pas encore connues avec précision, étant donné que les conditions expérimentales ne permettent pas encore de comprendre la mécanisme du rayonnement neutronique de ce noyau de plasma et sa dépendance de divers paramètres physiques.

«Tout récemment, on s'est mis à étudier très sérieusement la possibilité de chauffer la matière avec un rayon laser intense. Le principal intérêt de cette méthode est que la nécessité d'un isolement thermique magnétique du plasma peut en principe ne plus s'imposer. Dans les expériences avec cette méthode, l'intensité du rayonnement neutronique atteint actuellement 10^4 neutrons par impulsion. Mais, les progrès extrêmement rapides dans l'augmentation de la réserve d'énergie contenue dans le faisceau laser et le rendement du laser lui-même, dont dépendent principalement les perspectives de progrès dans cette direction, peuvent même dans un très proche avenir faire de la méthode du chauffage par laser l'une des plus prometteuses de tout le programme thermonucléaire. On a également commencé à étudier des méthodes qui sont extrêmement séduisantes du point de vue de la physique —à savoir le chauffage très rapide de la matière par un faisceau d'électrons extrêmement intense.

«L'analyse de l'état actuel des problèmes de la fusion thermonucléaire montre que, malgré l'apparition de tendances fondamentalement nouvelles, cette technique n'a pas encore dépassé le stade de la recherche des principes physiques indispensables pour obtenir les paramètres du plasma qui permettraient de mettre à profit les réactions du plasma pour construire un réacteur thermonucléaire. Espérons que les progrès continueront à être aussi rapides que par le passé.»

Garanties, déchets, industrie

M. Bogolioubov a rappelé que le développement de l'énergie nucléo-électrique dans les années qui viennent s'accompagnera d'une augmentation continue des quantités de matières nucléaires. A ce sujet, la Conférence a beaucoup insisté sur les problèmes de garanties et de contrôle des matières nucléaires, conformément aux dispositions du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires. Etant donné le succès obtenu par l'AIEA dans la rédaction d'un modèle d'accord sur les garanties et les progrès faits dans l'élaboration des moyens techniques permettant d'assurer le contrôle des matières nucléaires, on peut compter que les objectifs des garanties tels qu'ils sont définis dans le TNP seront atteints à un coût modéré et sans que ce soit au détriment des utilisations pacifiques de l'énergie atomique.

La Conférence a examiné de près le perfectionnement des méthodes de traitement et d'enfouissement des déchets. Les méthodes actuellement mises au point ou déjà utilisées y compris l'injection dans le sol, la solidification et l'enfouissement dans des formations salines assurent une évacuation fiable des déchets. «Mais il me semble», a-t-il ajouté, «qu'il est contre-indiqué d'évacuer les déchets radioactifs dans les mers, à cause de la pollution éventuelle de l'hydrosphère.»

Il faut également parler des grands changements qui ont eu lieu depuis la troisième Conférence de Genève dans la recherche sur la radiochimie appliquée et les processus radiochimiques industriels.

«Dans certains pays la fabrication industrielle de diverses matières et produits aux propriétés particulières a été entreprise et on a procédé à des radiosynthèses par polymérisation», a precisé M. Bogolioubov. «On doit souligner que, dans les pays en voie de développement, un grand effort de recherche est en cours dans le domaine de la radiochimie appliquée en vue des applications industrielles des procédés utilisant les rayonnements.

«En outre, la sécurité de l'exploitation des centrales nucléaires et la protection de l'homme ne pouvaient être assurées sans un perfectionnement des appareils de mesure. Actuellement, des centaines de types d'appareils utilisés pour la radiométrie, la dosimétrie et le contrôle technologique de diverses réactions nucléaires ont été mis au point et commencent a être commercialisés. C'est une constatation très encourageante et on peut être certain que, dans un très proche avenir, des dispositifs automatiques complets seront réalisés grâce aux progrès de la micro-électronique, et permettront d'exploiter et de contrôler les centrales atomiques en toute sécurité.»

Rayonnements et médecine

«La période qui s'est écoulée depuis la troisième Conférence de Genève a été marquée par des progrès considérables en ce qui concerne l'emploi des radioisotopes et des rayonnements dans diverses branches

Vue générale de la salle des expositions. A l'arrière plan, une pompe à sodium mise au point en France pour le réacteur refroidi par un métal liquide. Photo: ONU

FRANCE
JAPAN

DIMENSIONS REELLES
ACTUAL SIZE

de la médecine», a poursuivi M. Bogolioubov. «L'utilisation des radioisotopes pour le diagnostic de diverses maladies de l'homme s'est largement répandue dans la pratique thérapeutique générale, la chirurgie et l'oncologie. Les principales tendances de la radiothérapie moderne qui ont fait l'objet de communications à la quatrième Conférence de Genève sont les suivantes:

— On a élargi la gamme des rayonnements nucléaires appliqués en radiothérapeutique (rayons gamma; rayons produits par les bêtatrons et les accélérateurs linéaires; protons et neutrons);

— On a amélioré les paramètres radiophysiques et les fondements cliniques et méthodologiques de la radiothérapie; on a optimisé les programmes de radiothérapie pour permettre la planification automatique des traitements individuels.

«Un fait d'importance considérable pour l'amélioration du diagnostic et de la radiothérapie au moyen des radioisotopes est la création de grands centres radiologiques et la formation de personnel spécialisé.

«Les communications faites à la Conférence montrent l'importance donnée à l'étude des effets biologiques de divers types de rayonnements, l'étude du mécanisme des effets nuisibles des rayonnements et les mesures curatives que l'on peut prendre au niveau cellulaire et moléculaire et enfin la possibilité d'utiliser certains moyen de protection.

«La radiobiologie contribue aussi à la solution d'un important problème: l'approvisionnement en produits alimentaires de bonne qualité en quantité suffisante pour la population du monde. On a recours pour cela à des variétés de céréales à rendement élevé obtenues par radiosélection; d'autre part, on augmente la durée de conservation des récoltes par radiostérilisation. Les rayonnements sont également utilisés de plus en plus pour provoquer des mutations utiles dans les micro-organismes.»

L'énergie nucléaire et l'environnement

M. Bogolioubov a noté que les mémoires présentés à la Conférence ont accordé une attention particulière au problème de l'environnement: de nombreuses études sont en cours sur la manière dont la radioactivité atteint l'environnement, entre dans la biosphère et réagit sur elle. Tous les mémoires qui ont abordé ce sujet ont souligné que la question de l'effet des substances radioactives sur l'homme et sur la biosphère en général est l'un des problèmes les plus épineux de l'utilisation pacifique de l'énergie atomique. Les mémoires ont montré clairement que la sécurité d'exploitation des centrales nucléaires et la pollution de l'environnement reçoivent beaucoup d'attention dans le monde entier.

«L'évaluation comparative que l'on a faite à la Conférence des conséquences de l'exploitation des centrales classiques et des centrales atomiques est intéressante», a-t-il dit. «Les centrales classiques exigent plusieurs milliers de fois plus d'air pour diluer les substances toxiques et les ramener à un niveau admissible. En outre l'emploi de l'énergie atomique n'implique pas la consommation d'énergie et n'a pas pour conséquence une augmentation constante de la teneur de l'air en gaz carbonique.

«Les auteurs des mémoires se sont beaucoup préoccupés de la réaction du public devant d'expansion de l'industrie énergétique nucléaire. Cette

Partie du stand canadien. On aperçoit un écorché de l'installation «Slowpoke». Ce mot résume le nom de l'appareil en anglais: Safe Low Power Critical Experiment. (Expérience critique de faible puissance). Photo: ONU

question exige sans aucun doute une grande attention et beaucoup de persévérance.

«Au cours de la Conférence, un débat intéressant a eu lieu sur les problèmes écologiques qui ont fait l'objet d'un échange de vues entre les représentants de dix pays et de très nombreuses questions et réponses. Ce débât a surtout porté sur le rôle du scientifique engagé dans la recherche objective, en vue de former une opinion publique favorable à l'énergie atomique.

«Les mémoires présentés ont mis en lumière les problèmes posés par la technologie nucléaire dans les pays en voie de développement; virtuellement tous les aspects de l'emploi de l'énergie atomique ont été examinés et on a procédé à une analyse des moyens d'augmenter la contribution de la technologie nucléaire au progrès économique.»

L'énergie nucléaire est l'un des moyens de satisfaire la demande rapidement croissante d'énergie dans tous les pays; mais elle doit toujours supporter la concurrence des moyens plus traditionnels de produire de l'électricité. Il est probablement souhaitable d'établir sur un plan régional la production du combustible pour l'industrie nucléoélectrique des pays en voie de développement, en utilisant le plus possible les ressources d'uranium de ces mêmes pays, dont la prospection doit être intensifiée; en ce qui concerne l'enrichissement de l'uranium des pays en voie de développement, on pourrait mettre à profit l'expérience des autres pays.

Les centres nucléaires construits dans les pays en voie de développement servent à former des spécialistes. Ils rendent également possible le développement de la recherche dans les domaines les plus importants sur le plan pratique pour l'économie. Les accélérateurs à particules chargées et les réacteurs de recherche dont sont dotés ces centres permettent aux chercheurs de disposer de sources de rayonnements et constituent un excellent moyen de formation; ce problème du personnel est évidemment l'un des facteurs les plus importants de l'emploi de l'énergie atomique dans ces pays. L'énergie nucléaire vient seulement de commencer dans quelques pays à contribuer au progrès économique et on peut espérer que la technologie nucléaire et ses nombreuses applications économiques favoriseront de plus en plus le développement économique, scientifique et technologique dans un grand nombre de pays.

La coopération dans l'enseignement

Les mémoires présentés à la Conférence ont consacré une place toute particulière à la coopération internationale dans le domaine de l'enseignement. Beaucoup de pays développés donnent une assistance technique pour la formation du personnel des pays en voie de développement. L'AIEA a joué un rôle important dans l'organisation de cette coopération, en particulier la coopération multilatérale et s'est efforcée de faire en sorte que la formation de ces experts tienne dûment compte des besoins particuliers et des possibilités particulières des pays en voie de développement.

«Dans ce sens, la quatrième Conférence internationale sur l'application de l'énergie atomique à des fins pacifiques a beaucoup contribué à la coopération internationale», a dit M. Bogolioubov. «Les échanges de vues animés qui ont duré deux semaines, sur les aspects scientifiques, techniques et économiques, sur les aspects juridiques et politiques et sur la communication réciproque de documentation et la formation de personnel spécialisé porteront leurs fruits.

«Dans leurs messages à la Conférence, les chefs de plusieurs pays participants ont appelé l'attention de la Conférence sur le besoin de développer la coopération internationale dans les applications pacifiques de l'énergie atomique et sur la manière positive dont cette coopération peut contribuer à soulager la tension internationale et renforcer la paix dans le monde; ils ont souligné la nécessité de poursuivre les efforts pour mettre fin à la course aux armements nucléaires.

«A ce sujet, l'attention a été une fois de plus appelée sur l'importance du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires. Le fait que ce Traité ait été signé par 98 Etats en ratifié par trois Etats dotés d'armes nucléaires et 66 Etats non dotés de ces armes témoigne que l'importance de ce traité a été reconnue dans un grand nombre de pays. Le succès obtenu par l'AIEA dans la rédaction d'un modèle d'accord de garanties permet de dire avec certitude que les objectifs des garanties tels qu'ils sont fixés dans le Traité seront atteints.»

Application de la science nucléaire

«La Conférence a été consacrée à des problèmes purement pratiques d'importance capitale», a dit M. Bogolioubov. «Elle avait été organisée de manière à intéresser directement non seulement les hommes de science et les ingénieurs, mais aussi les industriels, les chefs d'entreprises et les économistes.

«Je tiens néanmoins à souligner l'importance fondamentale du rôle joué par la science pure. Et comme je suis chargé de faire la synthèse des travaux de cette Conférence, je tiens à souligner aussi le rôle joué par la recherche scientifique pure qui semble toujours inutile même aux spécialistes des disciplines connexes. C'est seulement après coup que l'on s'aperçoit que des recherches qui semblaient tout à fait théoriques conduisent à la création de nouvelles branches de la technique. On doit se rappeler à ce sujet que, vers 1930, la recherche sur le noyau atomique était considérée par beaucoup comme tellement abstraite, tellement éloignée de la vie, que l'on doutait de l'opportunité de la financer, même d'une manière modeste.

«De même, bien longtemps avant que soit venue l'idée d'une réaction thermonucléaire contrôlée, on avait entrepris une étude purement abstraite et théorique du plasma, stimulée par l'intérêt intrinsèque de la question, pour ainsi dire. Et maintenant, on constate que ces recherches ont ouvert un large domaine d'applications liées au problème de la fusion thermonucléaire contrôlée.

«Je pourrais donner beaucoup d'autres exemples de ce genre. Mais je me bornerai à dire que nous nous trouvons manifestement maintenant dans une situation analogue en ce qui concerne la physique des hautes énergies, c'est-à-dire, la physique des particules élémentaires. Rien ne semble indiquer qu'elle est susceptible d'applications; mais je suis profondément convaincu que la découverte progressive des secrets de la structure interne de la matière, des lois qui régissent l'interaction de ses microconstituants essentiels, les particules élémentaires, doit sans aucun doute conduire à des applications pratiques aux vastes répercussions et peut-être tout à fait inattendues.

«Tout le monde profite, cela va sans dire, des fruits de l'arbre de la science, mais il faut aussi penser à ses racines profondes.

«Que peut-on dire en conclusion sur les perspectives que nous ouvrent les succès déjà obtenus dans l'univers de la science et de la technologie atomiques?

«D'après les mémoires présentés à cette Conférence, les perspectives sont extrêmement étendues; elles comprennent les applications de l'énergie atomique à la médecine, à la biologie en général, et à l'agriculture.

«Les travaux de la Conférence permettent de dire que l'exploitation de l'énergie d'origine nucléaire respecte suffisamment la pureté de l'environnement, et qui plus est, la substitution, au combustible classique, de l'énergie atomique amènera une diminution très sensible de la pollution du milieu externe par les substances toxiques et une amélioration de la biosphère.

«Parmi les applications qui consomment beaucoup d'énergie, le dessalement de l'eau mérite une mention spéciale. On ne doit pas oublier que le problème de l'eau douce peut devenir particulièrement sérieux dans un avenir relativement proche. Etant donné la grande quantité d'énergie nécessaire, la technologie atomique sera appelée à jouer un rôle décisif.

«Reste le problème de la réalisation et du perfectionnement des moteurs nucléaires. Des navires à moteur nucléaire existent déjà. Et lorsque le moment viendra d'explorer les planètes lointaines, il ne fait aucun doute que l'homme fera appel à des moteurs nucléaires pour l'aider à conquérir l'espace.»

De son côté, M. Guy Gresford, Directeur de la science et de la technologie à l'Organisation des Nations Unies a noté dans son discours de clôture que depuis quelques années la communauté internationale se préoccupe de plus en plus des problèmes de l'environnement humain; cette question sera évoquée à la conférence organisée par l'ONU en juin 1972 à Stockholm. «En un sens», a-t-il conclu, «la conférence atomique qui vient de se dérouler doit être considérée comme un des préludes de la réunion de Stockholm, car elle à insisté sur le fait que l'atome peut contribuer à fournir à l'homme une énergie propre, dont la production comporte le minimum d'inconvénients pour l'environnement.»