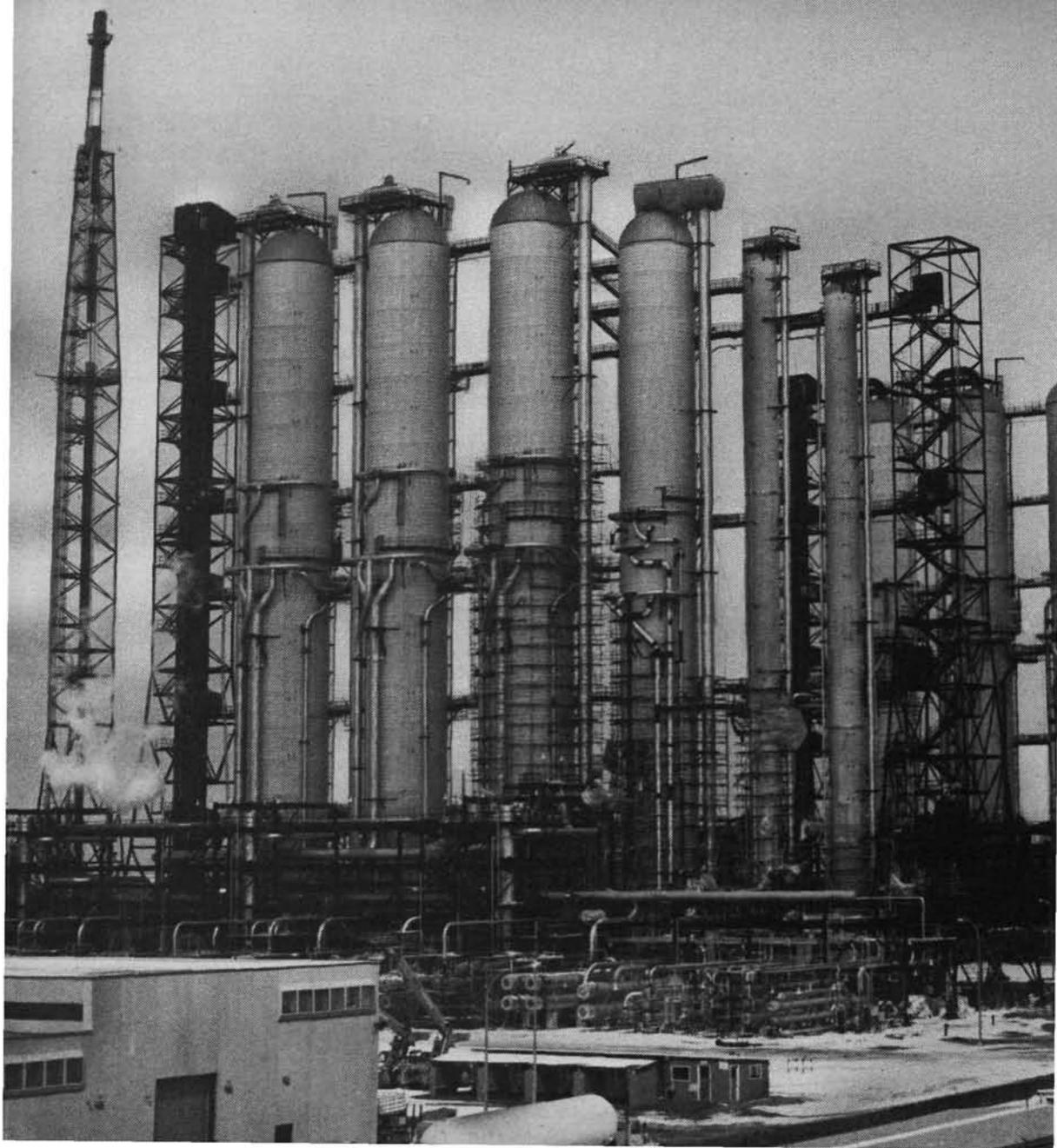


CANADA



LE CANADA: LE REACTEUR CANDU ET SON AVENIR

par J. L. Gray, Président de l'Atomic Energy of Canada Limited

J'ai l'honneur d'être au nombre de ceux qui ont été invités à contribuer à la rédaction de ce numéro du Bulletin de l'AIEA commémorant le 30ème anniversaire de la première réaction nucléaire en chaîne auto-entretenu que l'homme ait pu réaliser.

Je suis heureux de pouvoir féliciter l'AIEA pour tout le bien qu'elle a fait en encourageant et en stimulant les applications pacifiques de l'énergie atomique dans le monde entier. Les progrès qui ont été réalisés dans le développement nucléaire ont été en grande partie le résultat de la coopération entre les nations et, dans ce domaine, l'AIEA a pris les devants et nous a donné à tous un magnifique exemple.

Nous avons tous des programmes nucléaires nationaux et reconnus comme tels. On sait, par exemple, que le Canada a fait isolément des études sur la production d'énergie d'origine nucléaire, au cours desquelles la filière de réacteurs CANDU a été mise au point. Néanmoins, si le Canada a fait bande à part, il a tiré grand profit des accords de coopération conclus avec d'autres pays et des renseignements contenus dans la documentation publiée. Inversement, d'autres pays, j'en suis sûr, ont bénéficié des recherches et des études faites au Canada.

Dès le début, le Canada a fait porter tous ses efforts sur l'étude et la mise au point de réacteurs utilisant l'eau lourde comme ralentisseur. A l'origine, ce choix était fortuit, mais par la suite il est devenu délibéré, étant en grande partie le résultat de l'expérience acquise et des succès obtenus dans l'exploitation de grands réacteurs de recherche ralentis à l'eau lourde. Cette expérience a abouti au principe du réacteur CANDU utilisant l'eau lourde comme ralentisseur, de l'uranium naturel comme combustible et des tubes de force. Une quatrième caractéristique de ce réacteur est qu'il peut être réchargé en marche.

Le premier réacteur nucléaire du Canada, dit réacteur NPD (Nuclear Power Demonstration), d'une puissance nette de 22 mégawatts électriques, a divergé en 1962. A présent, dix ans plus tard, la puissance nucléaire installée du Canada est de 2000 mégawatts, soit environ 100 fois celle du réacteur NPD.

Parmi les nombreuses étapes qui ont marqué nos progrès vers la situation actuelle, il me semble que la plus importante est celle de «Pickering, 1971-72». En effet, c'est la réussite des trois groupes de 500 mégawatts de la centrale «Pickering», successivement mis en service entre 1971 et 1972, qui a définitivement établi la production d'énergie nucléoélectrique au Canada et la viabilité de la filière CANDU.

Le quatrième groupe de la centrale Pickering doit être achevé et raccordé au réseau en 1973. Puis à des intervalles d'un an, entre 1976 et 1979, les quatre réacteurs de 750 mégawatts de la centrale Bruce, actuellement en construction, commenceront à produire de l'énergie. Ainsi 3500 mégawatts de puissance nucléaire installée doivent s'ajouter à nouveau au réseau Hydro-Ontario et, avec l'installation d'un groupe de 600 mégawatts dans le réseau Hydro-Quebec, qui sera mis en service en 1979, la puissance nucléaire totale du Canada atteindra 6100 mégawatts en 1980.

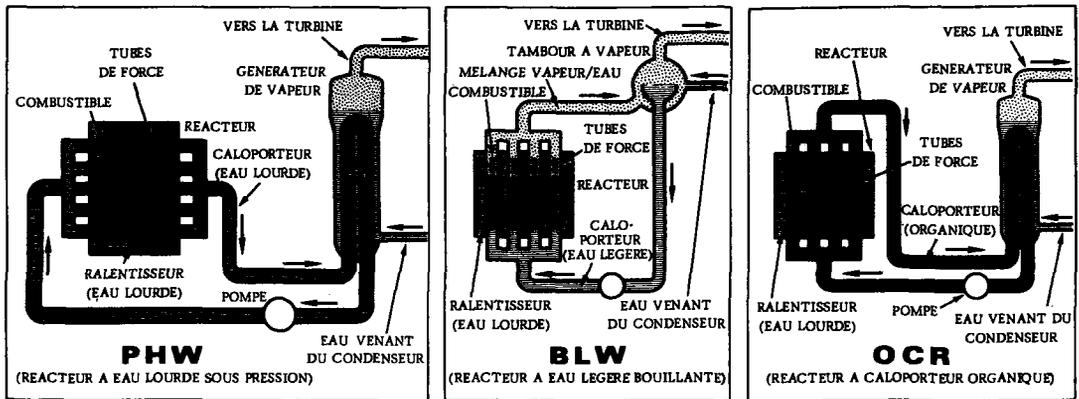
D'après les prévisions, la puissance nucléoélectrique du Canada dans 20 ans, soit en 1992, sera au voisinage de 44 000 mégawatts. Ce chiffre représente 22 fois la production actuelle et laisse présager que deux groupes d'au moins 750 mégawatts seront installés chaque année au cours de la deuxième moitié de cette période.

Nous pensons que les modèles actuels de réacteurs continueront d'être construits au cours des années 1980. La filière CANDU-PHW dans laquelle un réacteur CANDU est refroidi par de l'eau lourde sous pression a fait ses preuves à Pickering et il est peu probable que nos

L'usine d'eau lourde Bruce, dont la capacité de production sera de 800 tonnes par an. Elle sera bientôt en service.

compagnies d'électricité optent pour modifications radicales des plans, à moins que celles-ci ne constituent de nettes améliorations. Nous nous efforcerons d'abord d'apporter des perfectionnements aux modèles connus en vue de réduire les prix de revient et d'améliorer la fiabilité et de rendement. Et plus notre expérience du fonctionnement des centrales nucléaires s'enrichit, plus nous trouvons de possibilités d'amélioration.

Les plans fondamentaux des installations ne changeront peut-être pas sensiblement, mais on prévoit que leur puissance augmentera jusqu'à 1200 mégawatts et même davantage. Il se peut également que nous allions dans l'autre sens. On estime couramment que les centrales nucléaires ne sont pas concurrentielles à moins de 500 ou 600 mégawatts. La taille minimale des centrales diminue cependant à mesure que les prix du combustible fossile augmentent et nous verrons peut-être fabriquer des centrales nucléaires de 200 mégawatts seulement pour les régions où la demande d'énergie est faible, au Canada et dans le reste du monde. C'est là une perspective fort intéressante que nous ne négligeons pas.



Une caractéristique remarquable de la filière CANDU est sa souplesse d'utilisation et sa capacité à se prêter à des améliorations progressives. Ainsi, bien que nous pensons que les réacteurs à eau lourde sous pression seront la principale filière exploitée industriellement au Canada pendant de nombreuses années à venir, nous avons entrepris deux grands programmes visant à mettre au point des fluides caloporteurs autres que l'eau lourde sous pression.

L'un de ces fluides est l'eau légère bouillante et fait l'objet d'essais dans une centrale prototype (CANDU-BLW) qui fonctionne depuis 1970. Si le fonctionnement de cette centrale, à Gentilly, continue à donner satisfaction, je crois possible que l'eau légère bouillante exploitée industriellement brise le monopole de l'eau lourde sous pression d'ici 10 ou 15 ans. Le principal intérêt de l'eau légère bouillante tient au fait qu'en l'utilisant on peut espérer que les dépenses d'investissement seront moindres et que les coûts du combustible resteront constamment faibles.

L'autre fluide caloporteur que nous étudions sérieusement est une substance organique, semblable à l'huile. Un grand nombre des problèmes qui avaient été prédits pour cette substance ont été surmontés au cours de l'exploitation du réacteur de recherche refroidi par une substance organique, WR-1, et nous procédons à une étude technique détaillée d'une installation de 500 mégawatts afin de nous faire une idée exacte des avantages d'un réacteur CANDU à caloporteur organique. Ce caloporteur organique a les propriétés suivantes: température élevée, d'où rendement thermique supérieur, pression faible dans le circuit de refroidissement et absence d'activité dans le système de transport de chaleur, ce qui facilite l'accès en marche à de nombreux organes pour l'entretien ou les réparations.

Quel que soit le caloporteur, le réacteur CANDU modéré à l'eau lourde se distingue par son rendement nucléaire élevé - son utilisation économique des neutrons - qui lui permet de

consommer du combustible à l'uranium naturel, d'avoir des coûts de combustible sensiblement inférieurs à ceux des autres types de réacteurs et un cycle du combustible sans retraitement du combustible irradié, car il n'est généralement pas nécessaire; aussi n'avons nous pas à résoudre les problèmes du coût et des complications de ce retraitement et de la gestion des déchets qui en résulte.

Il est très possible que les réacteurs CANDU de l'avenir utiliseront des combustibles autres que l'uranium naturel, ou combinés à l'uranium naturel, si cette solution s'impose pour des raisons économiques. Ces réacteurs ont aussi à cet égard une grande souplesse d'utilisation, car ils peuvent s'adapter facilement à des régimes d'alimentation en combustible très divers.

Le plutonium, que le réacteur CANDU produit assez abondamment, est un combustible qui pourrait être utilisé à l'avenir, notamment dans les réacteurs CANDU à eau légère bouillante. Conscients du fait que nous disposerons d'un stock important de plutonium d'ici 1980 environ, nous avons entrepris des travaux et sommes arrivés à produire des faisceaux de combustible à l'oxyde d'uranium-plutonium qui seront mis à l'essai pendant deux ou trois ans dans le réacteur NPD.

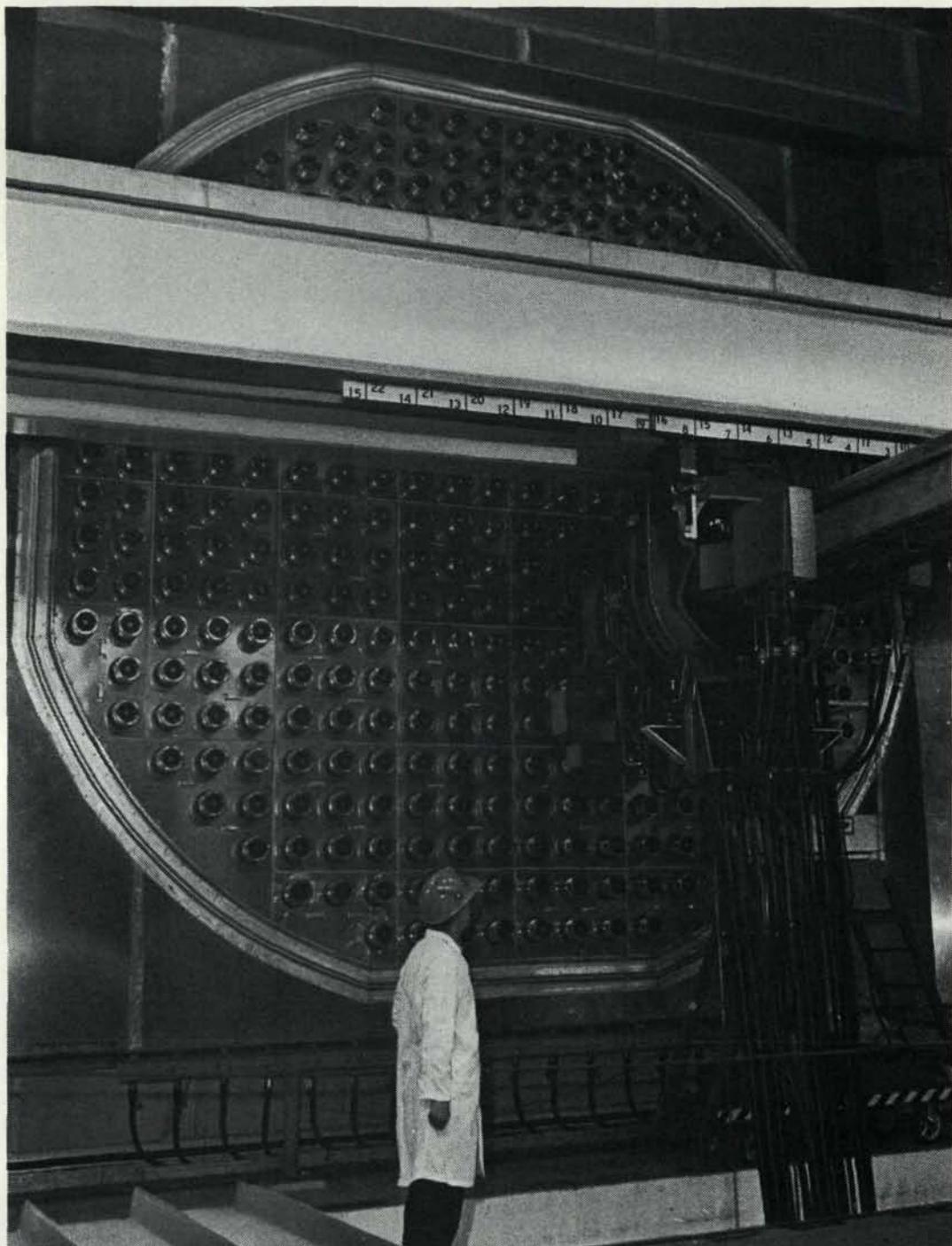
Un réacteur à caloporteur organique alimenté à l'uranium naturel exige un combustible d'une densité plus grande que UO_2 . Le carbure d'uranium vient en tête de liste et le réacteur WR-1 doit recevoir l'an prochain un chargement de combustible au carbure d'uranium qui permettra d'obtenir l'expérience et les données nécessaires pour lancer un procédé économique de fabrication du combustible. L'uranium métal a aussi ses avantages et les expériences sur l'uranium métal se poursuivront dans des boucles du réacteur WR-1. Dans une perspective plus éloignée, nous envisageons d'introduire le thorium dans le cycle du combustible du réacteur CANDU, ce qui assurerait indéfiniment l'approvisionnement en combustible nucléaire.

A notre avis, la série canadienne de réacteurs à eau lourde aboutira à un type de réacteur qui sera d'une manière générale équivalent aux réacteurs rapides du point de vue de l'économie des ressources (notamment au cours des prochaines décennies, où la production d'énergie se développera), avec un prix de revient de l'énergie produite égal ou inférieur et techniquement beaucoup plus simple. En outre, nous prévoyons que le réacteur CANDU complétera les réacteurs rapides au lieu de leur faire concurrence. Le plutonium provenant des réacteurs thermiques sera nécessaire pour alimenter les surgénérateurs de plus en plus nombreux et, à plus longue échéance, le réacteur CANDU au thorium coexistera avec le surgénérateur à l'uranium.

Depuis plus de 20 ans le Canada est à l'avant-garde de la production des radioisotopes et de leur application. C'est au Canada, en 1951 qu'un malade atteint de cancer a été soigné pour la première fois avec un appareil de téléthérapie au cobalt-60, et depuis lors ce traitement s'est répandu dans le monde entier.

Les rayonnements gamma du cobalt-60 sont utilisés depuis plus de sept ans pour la stérilisation, à l'échelle industrielle, de produits médicaux à usage unique. D'après les résultats positifs qui ont été obtenus et le prix de revient peu élevé de l'opération, il semble que le procédé pourrait être utilisé beaucoup plus largement dans la pratique, étant donné surtout que les hôpitaux ont de plus en plus tendance à utiliser à des fins déterminées des fournitures médicales stérilisées. Le cobalt-60 est déjà disponible en quantités suffisantes pour répondre à la demande dans ce domaine et les réacteurs de puissance permettent de l'obtenir en quantités pratiquement illimitées.

Les radionucléides associés à la conversion thermo-électrique commencent maintenant à être utilisés dans les génératrices radioisotopiques. Les caractéristiques géographiques du Canada - milliers de kilomètres de côtes déshabitées, longues distances intérieures dans des régions très faiblement peuplées, et corridors arctiques navigables - ont stimulé le développement de sources d'énergie électrique fiables et de longue durée utilisant le radio-cobalt pour alimenter des balises automatiques, des stations météorologiques et certaines liaisons sur ondes



Le réacteur Pickering et une machine de chargement du combustible

ultracourtes. Des prototypes sont en service et leur fonctionnement laisse prévoir les nombreuses utilisations de cette source d'énergie pratique aux multiples applications.

L'utilisation de l'analyse par activation à l'aide de sources de neutrons à flux élevé a déjà fait apparaître des sensibilités de 0,04 à 50 000 ppm en continu. On pratiquera de plus

en plus les contrôles de processus intermittents et en continu à l'aide de cet instrument pratique et précis. Le Canada a mis au point un petit réacteur à faible prix de revient, autorégulé et parfaitement sûr qui s'adapte admirablement à ces applications.

Il est déjà démontré que l'irradiation stimule la croissance des plantes, active la maturation et améliore les rendements. Ces résultats seront particulièrement intéressants dans les régions où la saison de croissance est courte, mais devraient aussi avoir un intérêt commercial dans d'autres régions. Des essais au champ sur le maïs, la laitue, la tomate, le concombre et d'autres produits ont donné des résultats intéressants. De petits irradiateurs au cobalt d'un prix peu élevé pourraient devenir d'usage courant dans l'industrie agricole.

Dans le domaine du traitement des denrées alimentaires en vue de prolonger la durée de conservation, les progrès ont été lents bien que les résultats scientifiques et techniques soient encourageants. Il est facile d'inhiber la germination de la pomme de terre et de l'oignon, ce qui augmente considérablement les possibilités de conservation. On peut prolonger la durée de conservation des fruits frais, ce qui permet d'augmenter les délais d'expédition et de traitement. L'irradiation des viandes présente des avantages réels lorsque le stockage entre en ligne de compte. La rentabilité de tous ces «avantages» varie suivant les circonstances, et les autorités compétentes ont mis du temps à approuver la consommation par l'homme des aliments irradiés. Toutefois, on ne peut s'empêcher de prévoir qu'avant la fin de la présente décennie les aliments et céréales irradiés seront sur le marché et qu'avant la fin de ce siècle nous pourrions fort bien nous trouver en présence d'une vaste entreprise, source de bienfaits immenses pour un monde qui a faim.

Une autre application riche de promesses est l'utilisation des rayonnements pour produire des réactions chimiques. La production et l'utilisation de combinés bois-polymère offre un intérêt considérable au Canada, pays doté d'une importante industrie de produits forestiers. L'amélioration des propriétés des textiles par radiogreffage de molécules sur les fibres permet l'amélioration sélective de différentes propriétés: fixation de l'humidité, résistance aux taches, résistance à l'usure, aptitude à la teinture et stabilité aux rayons ultraviolets. Avant la fin de la présente décennie des rayonnements gamma n'exigeant pas de catalyseurs chimiques et agissant à des températures et des pressions normales seront utilisés dans des procédés qui permettront de fabriquer des textiles de qualité supérieure.

Le programme d'énergie atomique du Canada a commencé vers l'époque où Fermi et ses associés ont fait démarrer la première réaction en chaîne à Stagg Field. Au cours de cet hiver de 1942-43, un groupe de spécialistes est venu du Royaume-Uni au Canada pour aménager avec des scientifiques canadiens un laboratoire nucléaire anglo-canadien. Ce groupe comprenait d'éminents hommes de science de nombreux pays, et a aussi conféré au programme canadien, dès ses débuts, un caractère véritablement international.

En 1945, le réacteur ZEEP a été terminé, devenant le premier réacteur mis en service en dehors des Etats-Unis. Puis, en 1947, le puissant réacteur NRX, d'une grande souplesse d'utilisation, a démarré. Depuis lors, le programme canadien n'a cessé de se développer avec l'appui généreux de l'Etat.

La politique adoptée dès le début en matière de production d'énergie d'origine nucléaire a été d'intéresser dans toute la mesure possible les compagnies d'électricité et l'industrie. C'est pourquoi nous voyons à l'heure actuelle une compagnie d'électricité, la plus grande du Canada qui a misé sur l'énergie d'origine nucléaire et possède une grande expérience des centrales nucléaires, une deuxième grande compagnie qui s'engage dans cette voie et une industrie solide et diversifiée qui est capable de satisfaire toutes les exigences des centrales nucléaires.

Si nous jetons un regard en arrière, nous pouvons constater que nous avons fait beaucoup de chemin en 30 ans. Mais si nous regardons devant nous, nous pouvons voir tout ce qui nous reste encore à faire.