

PERSPECTIVES DE L'ENERGIE D'ORIGINE NUCLEAIRE EN FINLANDE

A la suite d'une enquête entreprise conjointement par la Commission finlandaise de l'énergie atomique et l'Agence, un rapport a été publié sur "Les perspectives de l'énergie d'origine nucléaire en Finlande". Il s'agit d'une étude préliminaire visant à déterminer les conditions techniques et économiques qui permettraient d'implanter, dès 1970, une grande centrale nucléaire en Finlande.

Bien que le document ne porte que sur les conditions particulières à la Finlande, on espère qu'il rendra également service à d'autres pays, car "la méthode suivie, les facteurs considérés et certaines données fournies sont d'ordre suffisamment général pour être utiles à bon nombre de pays, notamment à ceux où prédomine la houille blanche".

L'étude rentre dans le cadre d'un programme entrepris par l'Agence pour favoriser le développement de l'énergie d'origine nucléaire. Dans sa préface au rapport, M. Sterling Cole, Directeur général de l'Agence, écrit : "Nos études précédentes en la matière nous ont révélé que les aspects économiques de l'énergie d'origine nucléaire sont trop souvent examinés d'une manière générale et sans tenir compte des multiples éléments qui caractérisent chaque situation énergétique particulière... Nous avons donc estimé qu'une évaluation réaliste des perspectives de l'énergie d'origine nucléaire dans le monde entier devait se fonder sur une série d'enquêtes portant sur des cas concrets et englobant une gamme aussi large que possible de situations différentes. La Conférence générale de l'Agence, dans une résolution adoptée à sa quatrième session ordinaire, a prié le Conseil des gouverneurs de continuer à faire des enquêtes sur l'énergie d'origine nucléaire dans les Etats Membres qui en feraient la demande". Une deuxième enquête de ce genre a été entreprise en octobre 1960, par l'envoi d'une mission de l'Agence aux Philippines.

Généralités

Le 3 décembre 1959, le Gouvernement finlandais a fait savoir à l'Agence qu'il avait l'intention de procéder à une étude sur l'énergie d'origine nucléaire et qu'il désirerait bénéficier de l'expérience spécialisée de l'Agence et contribuer au programme mis en oeuvre par elle pour favoriser le développement de l'énergie d'origine nucléaire. Le 12 janvier 1960, le Conseil des gouverneurs a approuvé la participation de l'Agence à ce projet.

Les travaux ont commencé en mars 1960. Un groupe d'étude mixte fut créé par la Commission finlandaise de l'énergie atomique et le Secrétariat de l'Agence, avec la coopération de la Société nationale d'électricité (Imatran Voima Osakeyhtiö). Le groupe était dirigé par M. Erkki Laurila, Président de la Commission finlandaise de l'énergie atomique. L'Agence avait désigné un technicien du Secrétariat comme son représentant et comme assistant spécial du Président du groupe. Les préparatifs une fois achevés, un consultant de l'Agence et d'autres membres des divisions techniques intéressées ont participé aux travaux du groupe. L'Agence a aussi consulté la Division de l'énergie de la Commission économique pour l'Europe de l'Organisation des Nations Unies.

Le rapport résume comme suit les circonstances générales qui ont amené la Finlande à s'intéresser à l'énergie d'origine nucléaire :

"En Finlande, la principale ressource énergétique est toujours la houille blanche. Néanmoins, à longue échéance, le potentiel hydro-électrique ne saurait évidemment suffire à satisfaire les besoins croissants du pays. La moitié environ de ce potentiel a déjà été mis en valeur. La Finlande devra donc inévitablement envisager de recourir de plus en plus à l'énergie thermique. Comme il n'existe ni houille ni pétrole indigène, il a fallu étudier avec réalisme les possibilités qu'offre l'énergie nucléaire."

Portée du rapport

Au stade actuel de la technologie électro-nucléaire en voie de développement rapide, on n'a pas estimé être en mesure de prédire à long terme les possibilités de réaliser en Finlande un important programme d'énergie d'origine nucléaire. On s'est donc assigné un objectif plus limité : "déterminer les critères et conditions d'ordre technique et économique permettant d'introduire l'énergie d'origine nucléaire dans le programme énergétique de la Finlande, pendant la décennie qui se terminera en 1970".

Il a été décidé de n'étudier que les possibilités de produire de l'électricité dans des centrales nucléaires de grande puissance, ce qui a restreint davantage encore le champ de l'enquête. On n'a donc pas abordé l'étude de questions connexes comme l'installation de réacteurs de petite puis-

sance, capables de produire de la chaleur industrielle en même temps que de l'électricité, et l'implantation de petites génératrices nucléaires dans des régions lointaines du nord de la Finlande.



Centrale hydroélectrique de Pyhäkoski, construite sur l'Oulu, dans le centre de la Finlande. En Finlande, l'électricité est en grande partie d'origine hydraulique, mais on prévoit que le rôle des centrales thermiques deviendra plus important dans l'avenir.

Le rapport comprend 14 chapitres, dont le premier contient l'introduction et un résumé des conclusions. Cinq chapitres passent ensuite en revue la situation énergétique générale, les ressources en combustibles existantes et les importations de combustibles, ainsi que la production actuelle d'énergie. Puis viennent deux chapitres consacrés à une évaluation de la consommation future d'énergie, jusqu'en 1970 inclus, ainsi qu'au programme destiné à satisfaire les besoins prévisibles. Un chapitre important traite de l'évolution du rôle de l'énergie thermique pendant la prochaine décennie. Le rapport examine ensuite, au point de vue du transport de l'énergie, les emplacements pouvant convenir à l'implantation d'une centrale nucléaire de base. Les trois chapitres suivants sont consacrés à l'évaluation des prix de revient de l'énergie classique et de l'énergie d'origine nucléaire au cours des dix années à venir. Enfin, le dernier chapitre expose les conclusions, ainsi que les recommandations relatives aux études ultérieures.

Du réseau hydro-électrique au réseau mixte hydro-thermo-électrique

Il ressort nettement de l'étude que, jusqu'à présent, la situation énergétique en Finlande n'a pas été favorable, au point de vue économique, à l'introduction de l'énergie d'origine nucléaire dans ce pays. L'énergie hydraulique couvre environ 85 % des besoins d'électricité en période de débit normal, et 70 % au moins pendant les années de faible débit. Jusqu'ici, les centrales thermiques ont eu pour rôle de fournir un appoint à la production hydraulique pendant les mois d'hiver, saison de consommation élevée et de basses eaux.

Ces centrales, dont la puissance ne dépasse guère 50 MWe, sont utilisées pendant des périodes variant de 300 à 1 500 heures par an. Ces conditions sont hautement défavorables pour les génératrices nucléaires qui, aux termes du rapport, "exigent des investissements élevés et doivent donc, pour être rentables, avoir de grandes dimensions et un taux d'exploitation élevé".

Au cours des dix années à venir, on peut prévoir que les conditions se prêteront mieux à l'introduction de l'énergie d'origine nucléaire en Finlande. L'énergie hydraulique semble devoir atteindre les limites de son développement. La moitié environ du potentiel hydro-électrique total est déjà exploité. La mise en valeur des ressources non exploitées ne saurait manifestement marcher de pair avec la demande en électricité qui, depuis 1948, augmente de 10 % en moyenne chaque année. De plus, les sites restants ne conviennent que pour des centrales de petite puissance, ou exigent des aménagements considérables, ce qui laisse prévoir un accroissement important des dépenses en capital pour les centrales hydrauliques qui seront construites à l'avenir.

On peut donc s'attendre à assister à une évolution progressive de la situation énergétique de la Finlande au cours de la prochaine décennie, et à voir se substituer au système purement hydroélectrique un système mixte dans lequel de grandes centrales thermiques de base commenceront à trouver leur place.

Deux des conditions primordiales pour l'introduction en Finlande de l'énergie d'origine nucléaire - grandes dimensions de la centrale et taux d'exploitation suffisants - paraissent ainsi devoir être remplies vers la fin de la prochaine décennie. On estime, par exemple, qu'en 1970 une centrale thermique de 250 MWe pourrait être exploitée avec un coefficient de charge supérieur à 75 %.

Coût comparé des centrales thermiques et nucléaires

Reste une seconde question : est-il plus économique d'assurer la charge de base par une centrale nucléaire que par une centrale thermique alimentée au charbon ?

Dans les conditions du moment, il est clair que l'énergie d'origine nucléaire ne saurait être concurrentielle. Le coût du charbon est un facteur décisif ; or, le prix de revient de la gigacalorie (Gcal.) fournie par les centrales thermiques est remarquablement bas : environ 500 marks finlandais*. Ce prix est surtout dû au fait que l'on utilise du poussier de houille provenant de Pologne ; depuis 1950, ce pays a fourni annuellement à la Finlande de 70 à 90 % du charbon qu'elle consomme. Cependant, le prix en question a subi de fortes fluctuations dans le passé et le chiffre indiqué est le résultat d'une baisse sensible qui s'est produite en 1958. A

* 1 dollar des Etats-Unis = 320 marks finlandais. 1 Gcal. = 3,97 millions de British Thermal Units (BTU). Le prix de revient s'établit donc à 40 cents environ par million de BTU.

l'heure actuelle, le prix de revient total de l'électricité produite par les centrales thermiques s'établit entre 2 et 2,5 marks finlandais environ (6,5 à 7,8 mills) par kilowattheure, coût largement inférieur à celui que l'état présent de la technologie permet d'obtenir pour une centrale nucléaire.

Il est difficile, en raison des nombreuses inconnues qui subsistent, de comparer ce que seront, en Finlande, d'ici dix ans, les prix de revient de l'électricité d'origine nucléaire et de l'électricité thermique. Certaines tendances favorables à l'énergie d'origine nucléaire semblent néanmoins se dessiner.

L'une d'elles concerne les importations de charbon. En admettant, pour être prudent, qu'au cours de la prochaine décennie la production d'électricité augmente à raison de 8% par an - au lieu des 10% annuels enregistrés récemment - 60% seulement du total serait fourni par des centrales hydrauliques, en une année de moyennes eaux, d'après les plans actuels de mise en valeur de la houille blanche. Pour couvrir les besoins restants, il faudrait importer 2,5 millions de tonnes de houille ou leur équivalent, soit environ dix fois plus qu'à l'heure actuelle. Comme le rapport le fait observer, "un accroissement disproportionné des importations de combustibles destinées à la production d'énergie n'est certainement pas souhaitable pour un pays dans l'économie duquel le commerce extérieur joue un rôle aussi capital". Aussi, le vif intérêt que la Finlande manifeste en ce moment pour l'énergie d'origine nucléaire se justifie-t-il entièrement au point de vue économique, et cela d'autant plus que la prospection assez limitée de matières premières nucléaires qui a été faite jusqu'à présent "laisse présager que les besoins en combustibles nucléaires pourront être satisfaits à l'avenir par la production nationale".

Autre facteur favorable à l'énergie d'origine nucléaire : la technologie des centrales nucléaires progressera sans doute plus rapidement au cours de la prochaine décennie que celle des centrales classiques.

Les divers facteurs servent de base à une série de comparaisons qui sont données dans le rapport, entre le prix de revient de l'énergie produite par les centrales nucléaires et celui de l'énergie produite par les centrales thermiques en 1960, 1965 et 1970. Les prix indiqués se rapportent à des réacteurs à uranium naturel refroidis par un gaz et à des réacteurs à eau bouillante; ces deux types ont été choisis à titre d'exemple, parce qu'ils "ont fait leurs preuves", mais on n'a pas exclu la possibilité d'une révolution technique qui "ferait passer un autre type au premier plan".

Les évaluations des prix de revient reposent sur diverses hypothèses touchant plusieurs variables importantes. Ainsi, le coût de l'énergie classique est calculé en fonction de deux prix du charbon correspondant, l'un au coût actuel très bas de la production de chaleur (sur la côte), soit 500 marks finlandais par gigacalorie, l'autre à 750 marks par gigacalorie. Pour les centrales tant thermiques que nucléaires, deux séries d'estimations ont été faites : l'une se fonde sur un taux d'intérêt de 6%, l'autre

sur un taux de 8%; en outre, on a calculé les prix pour différents coefficients d'utilisation, soit 50, 60, 70 et 80%. On admet que la puissance maximum des génératrices réalisables en 1965 sera de 150 MWe, mais que celle des centrales qui pourront être construites en 1970 atteindra 250 MWe; pour cette dernière année, on a donc fait des estimations pour des génératrices des deux dimensions.



Réunion, à Helsinki, des principaux membres du Groupe d'étude mixte Finlande-AIEA. De gauche à droite : M. L. Nevanlinna, spécialiste des réacteurs, Imatran Voima; M. M. Laurila, Directeur du Département de l'électricité, Imatran Voima; M. E. Laurila, Président de la Commission finlandaise de l'énergie atomique; M. C. Erginsoy, fonctionnaire de l'AIEA chargé du projet; M. R. Tuuli, ingénieur atomiste, Imatran Voima

Conclusion

On reconnaît, dans le rapport, que la comparaison établie pour 1965 est hypothétique, "étant donné que la situation énergétique ne sera sans doute pas favorable à l'installation de centrales thermiques de base autres que celles dont la construction aura déjà été entreprise". Cette comparaison faite pour une centrale de 150 MWe montre toutefois que le prix de revient de l'énergie d'origine nucléaire est "loin d'être concurrentiel" dans la gamme des facteurs d'utilisation, des taux d'intérêt et des prix du charbon considérés.

Pour 1970, cependant, les calculs indiquent qu'une centrale nucléaire peut devenir concurrentielle, si l'on admet que sa puissance est de 250 MWe, que son coefficient d'utilisation est de 80%, que le taux d'intérêt est de 6% et que le prix de revient de la chaleur fournie par une centrale thermique est de 750 marks finlandais par gigacalorie.

Que le prix de revient de la chaleur produite par une centrale thermique passe de 500 à 750 marks par gigacalorie n'aurait rien de surprenant, puisqu'au cours de ces dix dernières années, les prix du charbon ont fluctué entre "moins de 500 marks par gigacalorie et le double de ce chiffre". De même, le taux de l'intérêt en Finlande a varié récemment de 6,5 à 8% pour le financement intérieur; il est descendu jusqu'à 5,5% pour le financement à l'étranger. Quant à la possibilité de réaliser une centrale de 250 MWe et d'avoir un coefficient d'utilisation de 80%, elle a été évoquée plus haut.

En conclusion, le rapport recommande les travaux qu'il serait souhaitable d'entreprendre pour mieux étudier les perspectives de l'énergie d'origine nucléaire en Finlande. En ce qui concerne l'implantation de grandes centrales, il faudrait étudier la question du financement par des capitaux nationaux et étrangers, les coûts relatifs au cycle du combustible, les dimensions optima des installations et le prix de revient de l'énergie pour différents types

de réacteurs. Les études devraient porter aussi sur l'emploi éventuel des réacteurs pour la fourniture de chaleur et pour l'aménagement de petites centrales dans l'extrême nord. Pour plus tard, il est recommandé d'envisager un "important programme d'énergie d'origine nucléaire", si les études qui seront entreprises sur les conditions minima pour l'introduction de cette forme d'énergie donnent des résultats positifs.

COLLOQUE DE PRAGUE SUR LES EFFETS CHIMIQUES DES TRANSFORMATIONS NUCLEAIRES

Comme beaucoup de pays exploitent déjà ou exploiteront dans un proche avenir de petits réacteurs de recherche qui peuvent être utilisés notamment comme sources de rayonnements pour l'étude des transformations nucléaires, l'Agence internationale de l'énergie atomique a récemment organisé un colloque international sur les effets chimiques de ces transformations.

Le Colloque s'est tenu à Prague (Tchécoslovaquie), du 24 au 27 octobre 1960, avec la participation de 180 spécialistes venus de 25 pays et des représentants de deux organisations internationales.

Les transformations nucléaires sont des réactions au cours desquelles la composition et l'état énergétique des noyaux subissent des changements qui se manifestent notamment sous forme de capture de neutrons, de transition isomérique ainsi que d'émission de rayonnements alpha, bêta et gamma. Les transformations nucléaires comportent en général la libération d'une grande quantité d'énergie, souvent avec destruction de la molécule à laquelle est lié l'atome transformé. Lorsqu'on évoque la grande énergie de ces atomes, on emploie souvent l'expression "effet des atomes chauds"; le nom de "chimie des atomes chauds" a été parfois donné à l'étude de l'ensemble de ces réactions.

Les participants au Colloque ont présenté et examiné quelque 85 mémoires, groupés comme suit par sujets : aspects théoriques de la chimie des atomes chauds; étude des produits de recul, en phase gazeuse; effets chimiques de la capture des neutrons dans les liquides organiques et les halo-

gènes alcoyles; effets chimiques des transformations nucléaires dans les solides; chimie du carbone et du tritium de recul; effets de la désintégration bêta (n, p), (d, n) et autres réactions; applications de la chimie des atomes chauds.

La tribune de la Conférence sur les effets chimiques des transformations nucléaires, organisée par l'AIEA à Prague, pendant la séance d'ouverture; de gauche à droite: M. W. Lisowski, Secrétaire exécutif, AIEA; M. A. Rylov, Directeur général adjoint, AIEA; M. V. Ouzky, Président de la Commission tchécoslovaque de l'énergie atomique; M. H. Seligman, Directeur général adjoint, AIEA; M. K. Petzelka, Représentant permanent de la Tchécoslovaquie auprès de l'AIEA; M. A. Maddock, Royaume-Uni, Premier secrétaire scientifique; M. O. Suschny, AIEA, Secrétaire scientifique

