

Construction et exploitation de la première centrale nucléaire: quelques problèmes et leurs solutions

par les professeurs D.I. Blokhintsev et A.K. Krassine

Quiconque a consacré ses efforts et son savoir à la science et à la technique éprouve une profonde satisfaction en voyant ses travaux aboutir à la création d'une installation capable de fonctionner. Il y a vingt ans, le 26 juin 1954, se leva le grand jour tant attendu par ceux d'entre nous qui avaient participé à la construction de la première centrale nucléaire du monde: ce jour-là l'énergie libérée par la fission de noyaux d'uranium bombardés par des neutrons devint pour la première fois une source de production d'énergie électrique à l'échelle industrielle.

La première centrale nucléaire avait une puissance de 5000 kW(e). Pour construire cette installation il nous a fallu résoudre de nombreux problèmes scientifiques et techniques. Au cours des vingt dernières années, notre connaissance des interactions nucléaires ainsi que notre expérience en matière de conception et de construction des réacteurs se sont considérablement enrichies; face au savoir actuel, il est même difficile de s'imaginer de quels moyens scientifiques et techniques limités nous disposions alors pour entreprendre la création de la première centrale nucléaire.

Tout d'abord, fondamentalement on se demandait encore s'il valait même la peine d'essayer de produire de l'énergie électrique au moyen de transformations nucléaires. A présent, personne n'en doute plus car l'énergétique nucléaire s'est entretemps révélée comme un procédé industriel fiable, sûr et économique, alors qu'au début des années 50 les sceptiques omniprésents n'étaient pas les seuls à exprimer des doutes: des spécialistes avérés manifestaient également une grande prudence dans leurs jugements.

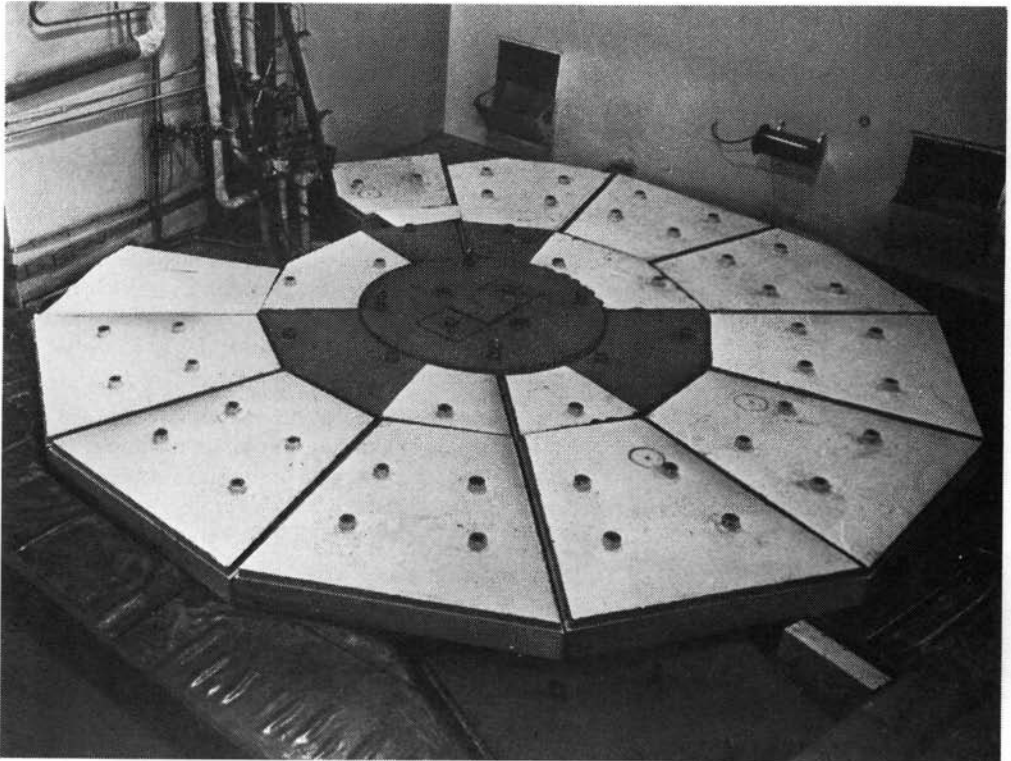
A cette époque, seule l'Union soviétique s'était clairement posé comme objectif de construire une centrale nucléaire, et la tâche de réaliser ce projet, et non de produire incidemment de l'électricité d'origine nucléaire, fut confiée à une nombreuse équipe de spécialistes. Le démarrage de la première centrale nucléaire du monde fut la démonstration irréfutable et éclatante du fait que l'idée de produire de l'énergie d'origine nucléaire était bien fondée.

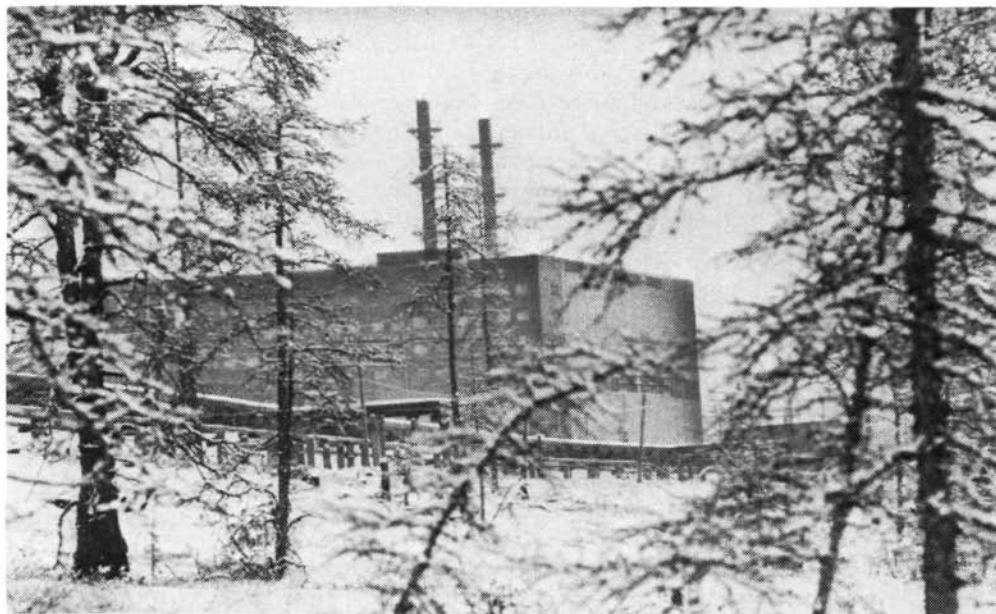
Le deuxième problème fondamental, à savoir le choix d'un concept technique, se révéla également comme fort complexe car il n'existait pas encore d'usine nucléaire dont on pouvait s'inspirer, et les solutions physiques et techniques susceptibles d'être imaginées étaient fort variées. Celles qui furent finalement retenues s'appuyaient sur un compromis entre le désir de créer quelque chose d'entièrement nouveau et celui de prendre en considération l'expérience acquise: on choisit le graphite comme ralentisseur, l'eau



La première centrale nucléaire construite en 1954 à Obninsk (Union soviétique), Photo: Tass.

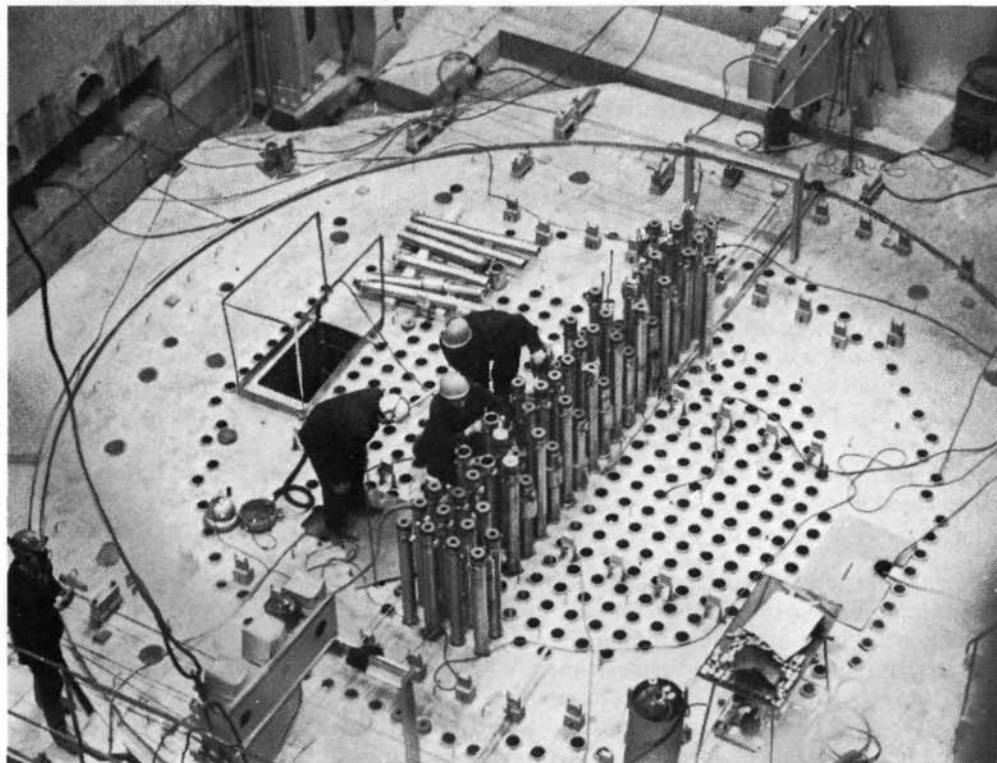
Plaque de couverture du réacteur de la centrale d'Obninsk, Photo: Comité d'Etat pour l'utilisation de l'énergie atomique en URSS.





Vue d'ensemble de la centrale nucléaire de Bilibinsk dont le réacteur est ralenti au graphite et refroidi à l'eau. Photo: Tass.

Assemblage du coeur du réacteur de la centrale de Bilibinsk. Photo: Tass.



ordinaire comme caloporteur, l'uranium enrichi comme combustible et l'acier inoxydable comme matériau de construction. Ce furent I.B. Kourchatov, N.A. Dolléjal et S.M. Feinberg qui décidèrent de ce choix et procédèrent aux premières évaluations du projet. Les solutions techniques adoptées pour la première centrale nucléaire, qui ont déjà fait l'objet de nombreuses descriptions, apparemment comme bien fondées non seulement pour la première étape du développement de l'énergétique nucléaire, mais aussi en tant que base technique pour la conception et la construction en URSS de toute une série de centrales nucléaires.

Le troisième problème particulièrement complexe que posait la réalisation du projet était dû à la difficulté de trouver du personnel hautement qualifié. Au début des années 50, les spécialistes de la technologie nucléaire étaient encore peu nombreux, de sorte que les responsables du projet et les débutants eurent, les uns et les autres, beaucoup à apprendre. La tâche put être menée à bien principalement par l'organisation de stages de formation et le recrutement de jeunes spécialistes.

Parmi les nombreux autres problèmes qu'il a fallu résoudre pour construire le réacteur de la première centrale nucléaire, nous aimerions évoquer plus particulièrement la mise au point de la technologie des éléments combustibles qui suscita de grandes difficultés. Ce travail fut réalisé par V.A. Malykh. Dès le début de l'étude du projet, on avait décidé de construire un réacteur du type «canal» utilisant des éléments combustibles cylindriques creux où le caloporteur passe à l'intérieur d'un tube sous une pression de 100 atmosphères. Plusieurs variantes furent prises en considération: fixation rigide des cylindres de combustible creux sur le tube, insertion d'une couche élastique entre les cylindres creux et le tube, etc. Le concept finalement adopté fut celui proposé par V.A. Malykh; il était fondé sur l'emploi d'un alliage uranium enrichi-molybdène en poudre (d'une granulométrie de 0,1 à 0,5 mm de diamètre) dispersé à l'intérieur de l'espace intertubulaire dans une matrice de magnésium. Cette dispersion s'est révélée capable de fonctionner en présence de flux thermiques supérieurs à 7×10^6 kcal/m².h et de taux de combustion allant jusqu'à 35000 MWj/t. Elle a assuré à la première centrale nucléaire un fonctionnement durable et sans défaillance. La haute fiabilité des éléments combustibles était due en grande partie au procédé d'essai non destructif des composants, que V.A. Malykh avait élaboré pour la production en série. Les épreuves auxquelles furent soumis des spécimens de ces éléments dans le réacteur RFT de l'Institut de l'énergie atomique, qui porte maintenant le nom de l'Académicien Igor Vassiliévitch Kourchatov, eurent aussi une grande influence sur le choix de la technologie du combustible.

Les moyens dont on disposait au début des années 50 pour calculer les caractéristiques physiques d'un réacteur étaient, sous de nombreux rapports, peu satisfaisants, notamment en ce qui concerne la technologie du comptage, les méthodes de calcul et les valeurs disponibles des constantes nucléaires. Les expériences faites à l'aide d'assemblages critiques dont les matériaux constitutifs et la taille étaient semblables aux caractéristiques choisies pour le projet ont été d'une grande utilité pour évaluer l'exactitude des calculs physiques effectués pour le réacteur. Grâce à elles, les données calculées se sont révélées en fin de compte assez proches des caractéristiques effectives de l'installation. Pour une bonne part ce succès est dû à M.G. Minachine qui a grandement contribué à ces travaux.

Lors de l'étude du réacteur et pendant les opérations de démarrage on avait attaché une grande importance aux transitoires et aux risques d'accident. La rupture éventuelle du tube intérieur d'un élément combustible ou de la paroi d'un canal à l'intérieur du réacteur fut étudiée avec un soin particulier. A l'aide de plusieurs maquettes on élaborait des dispositifs et du matériel de «coupure» pour évacuer l'eau de l'enveloppe du réacteur. Par la suite, on a pu essayer ces dispositifs et transitoires dans des conditions de fonctionnement réelles et s'assurer que la sûreté était assurée de façon satisfaisante.

Pour mettre au point le projet de la première centrale nucléaire il a fallu exécuter un volume impressionnant de travaux de recherche dans diverses disciplines. Le réacteur à haut flux RFT dont disposait déjà l'Union soviétique et qui a été décrit en détail à la première Conférence internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, tenue à Genève en 1955, a permis de préciser les valeurs de diverses constantes relatives aux interactions entre neutrons et noyaux atomiques des matières fissiles et matériaux de construction; en outre on a étudié la stabilité des matériaux de construction sous irradiation, construit des boucles expérimentales en vue d'essayer des spécimens d'éléments combustibles, etc. Les méthodes employées pour calculer les caractéristiques physiques des réacteurs et la protection biologique contre les rayonnements se sont aussi sensiblement perfectionnées.

Baucoup d'études théoriques furent consacrées à l'élaboration de procédés technologiques pour le calcul des dispositifs de contrôle et de pilotage du réacteur. En vue de déterminer les variations de la composition chimique du coeur et d'analyser les transitoires thermiques, on s'est servi à la fois d'ordinateurs numériques et de machines analogiques.

Tous ces travaux ont exigé le concours d'un grand nombre de spécialistes de la physique théorique et expérimentale, ainsi que d'ingénieurs et de techniciens; à tous les stades, ils ont permis aux équipes des diverses institutions participantes d'approfondir leurs connaissances et de procéder à des échanges de renseignements.

Tous les problèmes technologiques une fois résolus, le réacteur de la première centrale nucléaire fut utilisé pour de nombreuses expériences physiques et techniques. La première de cette série d'études expérimentales a porté sur le fonctionnement du réacteur en cas d'ébullition de l'eau dans de nombreux canaux fonctionnant en parallèles. On a mis aussi au point des régimes de fonctionnement des canaux qui permettaient la surchauffe nucléaire de la vapeur. Tous ces travaux ont été exécutés sous la direction de A.M. Grigoriantz. Les résultats obtenus ont servi de base à l'élaboration du projet de la centrale nucléaire de Beloiarsk.

Au cours des années qui suivirent, on a procédé à de nombreuses expériences à l'aide de boucles sur divers modèles d'éléments combustibles et différents circuits conçus pour la construction de nouvelles centrales nucléaires. Les résultats ainsi obtenus ont grandement contribué au développement de l'énergétique nucléaire.

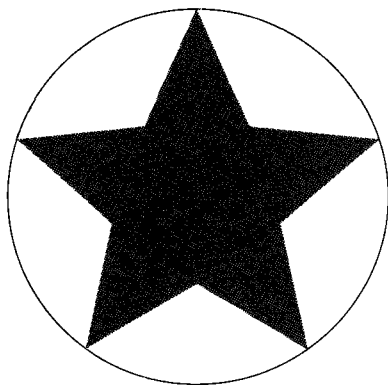
La première centrale nucléaire a fonctionné pendant 20 ans sans défaillance technique ni panne importante. Il est donc parfaitement justifié de prévoir pour les centrales nucléaires futures une durée de vie utile de cet ordre de grandeur. Ce succès est dû à un ensemble de facteurs bien déterminés qui sont récapitulés ici après:

1. Etude approfondie et vérification expérimentale des divers aspects du projet en vue de parvenir à un fonctionnement régulier de toute l'installation;
2. Mise au point minutieuse de la technologie des éléments combustibles tubulaires à produit fissile dispersé et contrôle systématique des divers composants pendant la fabrication de ces éléments par un programme d'essais non destructifs;
3. Fabrication de l'équipement et des appareils par des procédés techniques perfectionnés;
4. Elaboration détaillée des normes d'exploitation et leur observation rigoureuse;
5. Excellente formation des ingénieurs et techniciens, et conscience professionnelle très profonde chez tous les participants à l'étude, au démarrage et à l'exploitation de la centrale.

A mesure que progressaient les travaux, depuis l'établissement des plans à la mise en service de l'installation, se multipliait aussi le personnel de l'Institut physicoénergétique, et la ville d'Obninsk, près de laquelle la centrale est située, gagnait en importance. L'Institut avait été fondé en 1946. L'importante tâche qui lui fut confiée de construire

une centrale nucléaire a stimulé son développement. A l'heure actuelle il est aussi connu pour ses résultats scientifiques en matière de recherche fondamentale, ainsi que pour ses travaux d'ingénierie en matière de conception de réacteurs et ses études de projets de plusieurs centrales nucléaires.

Vingt ans après, il est agréable de se souvenir que la mise en service en Union soviétique de la première centrale nucléaire de notre planète a prouvé au monde entier qu'il était parfaitement possible d'appliquer l'énergie atomique non pas à la destruction des villes et des peuples, mais pour la prospérité et le bonheur de l'humanité.



L'énergétique nucléaire et le progrès technique

par l'Académicien A.P.Alexandrov et le
Professeur N.N. Ponomarev-Stepnoï

La première centrale nucléaire du monde construite en 1954 par l'Union soviétique a non seulement marqué le début d'une ère nouvelle dans la production d'énergie électrique, mais elle a aussi prouvé clairement que l'homme était capable d'exploiter les énormes ressources que représente l'énergie nucléaire.

La découverte du principe, permettant d'utiliser l'énergie libérée par les réactions en chaîne dues à la fission de noyaux lourds et à la fusion de noyaux légers, figure parmi les plus prodigieuses possibilités que la science nous ait jamais offertes.

Toute la valeur de cette découverte n'apparaîtra que plus tard, vers la fin de notre siècle, mais il est d'ores et déjà certain que l'énergie produite par fission ou fusion nucléaire sera largement appliquée car elle nous fournit, du point de vue technique et économique, le seul moyen rationnel de surmonter la pénurie de combustibles d'un emploi facile et à bon marché tels que le pétrole et le gaz.

L'expansion de l'énergétique nucléaire à des fins variées — production d'énergie électrique et de chaleur industrielle, chauffage urbain, approvisionnement en chaleur et en électricité de l'industrie métallurgique et préparation des agents réducteurs dont la métallurgie a besoin, approvisionnement en énergie électrique et thermique de diverses branches de l'industrie chimique et stimulation par irradiation de différentes opérations de cette industrie — permettra d'économiser le pétrole et le gaz qui pourront être affectés à des fins où il est plus difficile de les remplacer.