

Centres nucléaires d'excellence

par M. Osredkar*

Les centres nucléaires yougoslaves ont réorienté certains de leurs travaux vers des domaines non nucléaires et cette conversion a été facilitée par trois facteurs: des conditions de travail attrayantes, une concentration de moyens, de chercheurs et d'ingénieurs motivés et l'influence réciproque de différentes disciplines scientifiques ainsi que le contact avec des sciences et des techniques de pointe.

De 1947 à 1951, la Yougoslavie a créé plusieurs instituts de recherche en leur donnant pour mission d'œuvrer au développement et aux applications de l'énergie nucléaire dans son sens le plus large. Trois d'entre eux (l'Institut Boris Kidrič de Vinča près de Belgrade, l'Institut Rudjer Bošković de Zagreb et l'Institut Jožef Stefan de Ljubljana) ont commencé leurs travaux de recherche avec un programme à peu près identique à celui de beaucoup de centres nucléaires d'autres pays, tandis que deux autres ont été créés dans un but plus précis, limité aux études géologiques et à la technologie des matières nucléaires de base, comme l'uranium.

Ces trois centres nucléaires ont été créés pour mettre à profit le potentiel des trois universités qui, à l'époque, étaient les meilleures. En outre, le fait pour le pays de disposer de plusieurs centres nucléaires répondait à son caractère fédéral. Les chercheurs les plus réputés auxquels fut confié le soin d'organiser ces centres étaient, pour la plupart, des professeurs d'université et il y eut des échanges constants entre les universités et ces centres. Ceux-ci ont bénéficié d'un appui efficace et ont bénéficié de toutes les possibilités de se développer.

Dans les années 60, l'importance accordée au programme et aux centres nucléaires diminua progressivement à mesure qu'il devint de plus en plus évident que l'énergie nucléaire n'était pas une source d'énergie aussi facile à exploiter et aussi bon marché qu'on l'avait espéré et que la construction d'équipements et des centrales nucléaires exigeait d'abord une base industrielle forte et moderne. D'autre part, le pétrole à l'époque était à la fois abondant et bon marché, ce qui amenait bien des milieux à penser que l'énergie nucléaire n'était pas nécessaire et que, si elle le devenait un jour, il serait facile d'en trouver sur le marché. D'autres étaient convaincus que le "programme nucléaire" devrait être plus limité et ne pas embrasser la totalité de "la science nucléaire" au sens le plus large du terme.

L'évolution du système politique yougoslave et la décentralisation des responsabilités gouvernementales qui en a résulté ont fait que la programmation et le

financement des travaux des centres nucléaires ont été en partie transférés à d'autres services de recherche. Mais rien n'a été fait pour organiser de façon systématique et complète les autres grands projets de développement industriel qui devaient faire appel aux centres nucléaires. La planification du développement général et économique et, dans le cadre de ce développement, celle de la recherche n'existait pas encore. Ce qui explique que la réorientation du programme de recherche et son financement aient été laissés, dans une large mesure, aux chercheurs des instituts eux-mêmes. Les instituts ont été aidés financièrement pendant une période de transition qui a duré plusieurs années afin de faciliter la réorientation de leurs travaux vers des problèmes de recherche appliquée.

Etablir une coopération et une interaction permanentes avec l'industrie et les autres utilisateurs de la recherche n'est pas simple. Sans vouloir entrer dans le détail, on peut dire que les centres nucléaires avaient plus de chances de réussir que les autres instituts pour plusieurs raisons:

- Ils disposaient d'un personnel scientifique et technique de valeur, habitué à travailler à l'intérieur d'équipes pluridisciplinaires; ce personnel était rompu à la coopération internationale et à la concertation.
- Leurs travaux de recherche les mettaient obligatoirement en contact avec les sciences et les techniques de pointe.
- Ils avaient acquis un solide bagage scientifique dans des domaines qui, bien qu'ils ne soient pas strictement nucléaires, avaient des applications dans de nombreux secteurs de l'industrie et dans d'autres domaines.
- Ils étaient bien équipés pour la recherche.
- Les chercheurs qui y travaillaient étaient très désireux de démontrer l'importance de la science et de la recherche pour le développement industriel et avaient une certaine notion des applications auxquelles pouvaient se prêter leurs travaux.

Il a fallu résoudre bien des problèmes et surmonter bien des difficultés pour en arriver à la situation que nous connaissons aujourd'hui. L'importance des contrats de recherche avec l'industrie et d'autres utilisateurs témoigne de la réussite de la réorientation des instituts nucléaires. Alors qu'il y a une dizaine d'années, la coopération n'était que de 10% — c'est-à-dire pratiquement négligeable — et consistait essentiellement à introduire ou à mettre au point des techniques "nucléaires" ou l'emploi des isotopes — qui sont maintenant devenus un outil d'usage courant — la coopération avec l'industrie, qui porte exclusivement sur des problèmes non nucléaires, représente aujourd'hui dans certains instituts la moitié au moins de leurs revenus. L'autre moitié, qui leur est fournie par des fondations scientifiques, leur sert surtout à financer la recherche fondamentale qui est essentielle au succès des travaux de recherche sous contrat car c'est elle qui assure la croissance continue des connaissances scientifiques fondamentales nécessaires à une bonne recherche appliquée.

*M. Osredkar est actuellement professeur de physique et de technique des réacteurs à l'Université de Ljubljana, ancien directeur de l'Institut Jožef Stefan, boîte postale 199, Ljubljana (Yougoslavie). Cet article s'inspire d'un exposé fait par M. Osredkar lors de l'après-midi scientifique de la session de 1981 de la Conférence générale de l'AIEA.

Les travaux en faveur de l'industrie

La liste qu'on lira plus loin donne une idée des travaux que les instituts ont effectués dans les domaines non nucléaires en appliquant des techniques et des connaissances qu'ils ont acquises dans le domaine nucléaire. C'est ainsi que les matériaux qui ont été mis au point pour l'industrie sont les produits de travaux réalisés dans des laboratoires qui, dans le passé, travaillaient essentiellement sur le combustible nucléaire: beaucoup sont ou seront bientôt fabriqués industriellement. Plusieurs sont brevetés, d'autres fabriqués sous licence. Bien que les travaux sur le transfert de chaleur et de masse soient, pour l'essentiel, l'application de méthodes connues, mises au point dans des laboratoires qui travaillent sur le transfert de chaleur et le refroidissement des réacteurs — des travaux originaux ont été menés à bien et brevetés dans le domaine du transfert de masse. Ces laboratoires,

qui travaillaient surtout dans le domaine de la physique et de la chimie nucléaires, effectuent maintenant des travaux sur l'environnement. Les travaux réalisés dans le cadre de missions de consultants sur l'évaluation des conséquences sur l'environnement sont particulièrement intéressants et ont eu une influence directe sur les décisions prises en matière d'investissement. Plus de 200 évaluations ont été faites à ce jour. Nos centres nucléaires ont contribué à l'accroissement rapide de l'emploi de l'électronique et des ordinateurs. Leurs groupes d'étude du logiciel comptent parmi les plus importants et leurs travaux sont parmi les plus avancés.

La plupart des travaux énumérés ci-dessous ont déjà reçu des applications industrielles, les autres, qui n'en sont encore qu'au stade du développement, recevront une application sous une forme ou sous une autre.

Quelques résultats de travaux intéressants des domaines non nucléaires

Matériaux pour l'industrie

Matériaux céramiques diélectriques pour composants et circuits électroniques
Matériaux céramiques magnétiques
Matériaux céramiques de grande dureté pour outils mécaniques
Matériaux céramiques résistant aux hautes températures pour divers usages
Matériaux céramiques poreux résistant aux hautes températures pour isolation thermique
Alliages de cuivre à haute conductivité
Alliages de cuivre à haute résistance mécanique
Outils antidéflagrants
Filtres métalliques
Alliages d'aluminium
Alliages de nickel
Matériaux composites
Dépôts et fibres de carbone
Dépôts métalliques résistant à l'abrasion
Cristaux liquides
Essais non destructifs

Transfert de chaleur et de masse

Etude portant sur des tours de refroidissement et vérification expérimentale (petite taille et taille moyenne)
Mesure de la pollution thermique, vérification et mesure de prévention
Cinématique du séchage et étude d'installations pour produits agricoles
Etude des caractéristiques des charbons pour une combustion optimale
Etude des problèmes posés par les dépôts de cendres dans les fours
Dépôts dans les tubes de chaudières
Caractérisation et normalisation thermophysique des matériaux métalliques et non métalliques
Etude et vérification expérimentale des fours industriels
Réduction de la consommation de fuel dans les centrales thermiques
Combustion en lit fluidisé de charbon, de schistes bitumineux et de biomasse
Transport en lit fluidisé de poudre, de matériaux granulaires et de grains

Environnement

Mesure de la pollution et contrôle minéral (métaux lourds), organique et radioactif
Appareillage pour le contrôle de la pollution et systèmes automatiques de collecte et de traitement des données
Mesure de la pollution marine et lutte contre cette pollution
Travaux effectués par des consultants pour des administrations et des banques sur les effets des installations industrielles existantes et futures sur l'environnement

Chimie

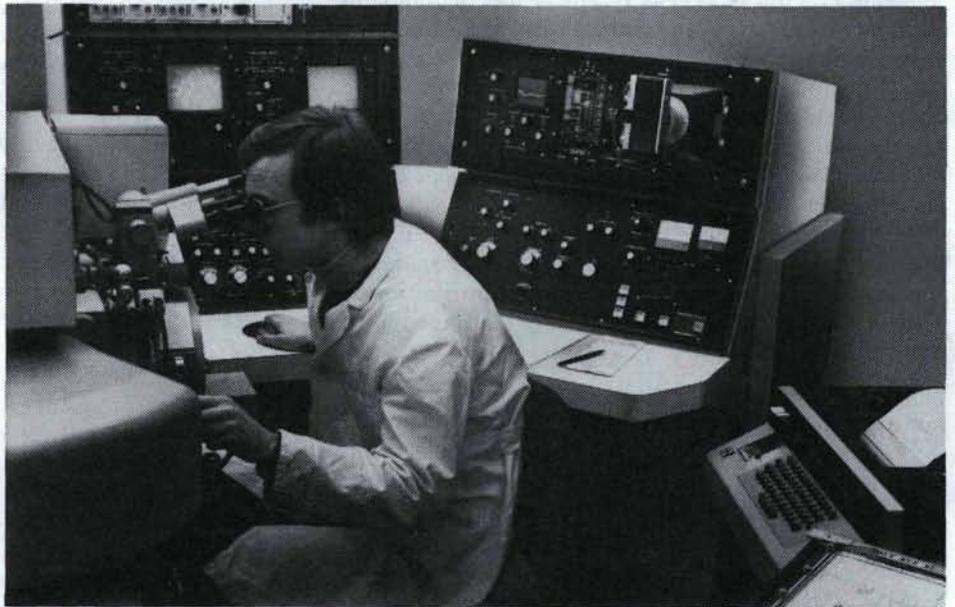
Mise au point et adaptation de techniques concernant les déchets industriels (sulfates, déchets pharmaceutiques, déchets gazeux, etc.)
Mise au point de procédés pour l'industrie pharmaceutique (synthèse, essais, protéines, antibiotiques, production d'enzymes)
Stérilisation par rayonnement
Traitement par rayonnement (soins) de polymères (tubes rétractables)

Electronique et ordinateurs

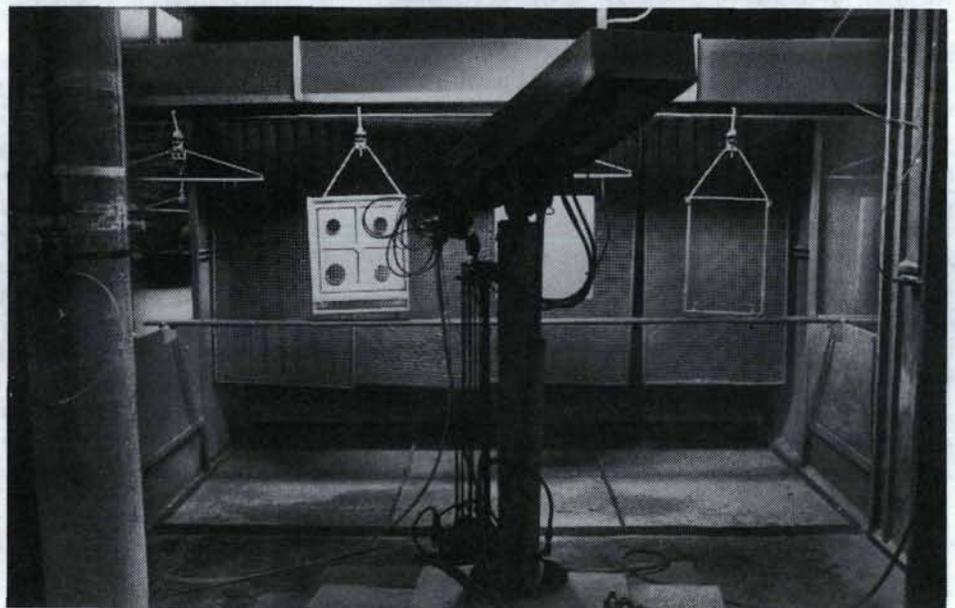
Elaboration de modèles mathématiques
Appareillage pour le contrôle des processus et contrôle de ces processus
Données et systèmes de contrôle informatisés pour l'industrie
Systèmes de microprocesseur pour différents contrôles de processus et appareils (fermentation, production de ciment, effets lumineux pour spectacles, services hôteliers, etc.)
Réseaux de microprocesseurs (observations météorologiques et écologiques, communications, etc.)
Réseaux d'ordinateurs (RRC, universités, etc.)
Systèmes informatisés (administration, agences de presse, assemblées fédérales)
Optoélectronique
Biocybernétique et stimulation électrique des muscles
Cybernétique
Logiciel



Institut Jožef Stefan:
le laboratoire de céramique.



Microscope électronique à
balayage utilisé au laboratoire
de céramique.



Robot industriel pour la
peinture des éléments
métalliques d'appareils
ménagères (réfrigérateurs, etc.),
étudié et construit par
l'Institut Jožef Stefan.

Universités

Lorsqu'on examine les autres activités non nucléaires des centres nucléaires de Yougoslavie, il ne faut pas oublier la place que ceux-ci occupent dans l'enseignement supérieur. A l'origine, les responsables scientifiques et les cadres supérieurs de ces centres étaient surtout des professeurs d'université, car, à cette époque, il y existait fort peu de chercheurs hors de l'enseignement supérieur. Ces universitaires ont transféré leurs recherches dans les centres ou ont entrepris de nouvelles recherches lorsque les circonstances étaient plus favorables. Avec le temps, les chercheurs des centres nucléaires sont devenus plus nombreux, et le niveau scientifique qu'ils ont atteint leur a permis de briguer des postes universitaires. Une fois nommés dans des universités, beaucoup n'en ont pas moins continué à poursuivre leurs recherches dans les centres, ce qui a considérablement favorisé la coopération et la concertation. Ils ont également encouragé les étudiants et les chercheurs de niveau post-universitaire à utiliser les possibilités et les équipements que leur offraient ces centres pour la poursuite de leur formation scientifique. Les centres ont pu jouer ainsi un rôle dans l'enseignement supérieur, notamment au niveau post-universitaire, et ils ont acquis en partie le statut de centre d'études post-universitaires ou un statut comparable. Plus de 300 chercheurs qui ont commencé leur carrière dans les centres nucléaires sont maintenant des professeurs d'université et le nombre d'étudiants des cycles supérieurs qui ont travaillé dans les centres nucléaires est lui aussi très élevé (l'Institut Jožef Stefan par exemple compte maintenant, à lui seul, une centaine de chercheurs de niveau post-universitaire sur un effectif de 300 scientifiques). La contribution des centres yougoslaves au développement et à l'expansion des universités du pays est importante.

La réorientation des centres vers certains domaines non nucléaires ne signifie pas qu'ils aient cessé de s'intéresser au nucléaire. Leurs activités dans ce domaine sont encore importantes et se situent principalement dans le cadre de contrats de courte durée portant notamment sur la sûreté nucléaire. Par ailleurs, ils jouent un rôle important dans le dispositif réglementaire du pays en matière d'énergie nucléaire. Ce sont eux qui ont fourni la plus grande partie du personnel et des experts pour l'étude de la sûreté de la première centrale nucléaire du pays. C'est dans ces centres qu'a été mise au point la technologie en circuit fermé pour la production de concentrés d'uranium à partir de minerai d'uranium. L'application d'une technique conventionnelle, comme le proposaient les consultants étrangers, aurait été en effet une catastrophe pour l'environnement de la zone minière car si la plupart des mines et des usines de traitement du monde sont situées dans des endroits désertiques, elles se trouvent en Yougoslavie dans une superbe vallée qui est surtout utilisée pour l'agriculture et les loisirs.

Les activités des centres concernent aussi le cycle et la gestion du combustible pour la centrale nucléaire ainsi que l'élimination des déchets radioactifs et la dosimétrie. La formation théorique et pratique du personnel technique des centrales nucléaires est particulièrement importante et l'on pourrait être conduit à créer un centre de formation

du personnel aux techniques nucléaires pour les besoins nationaux et autres. Un aspect important des activités des centres nucléaires consiste à fournir des consultants aux services gouvernementaux, aux administrations et à d'autres organismes.

Centres d'excellence

Quelles conclusions peut-on tirer de l'expérience yougoslave? Si les espoirs que l'on nourrissait à l'époque où les centres nucléaires ont été créés n'étaient pas très réalistes, comme on peut le voir aujourd'hui, le défi posé en Yougoslavie par l'énergie nucléaire et qui a donné naissance aux centres était le seul stimulant qui pût accélérer le développement des sciences physiques et naturelles et des techniques nucléaires. On peut le constater aisément aujourd'hui en comparant le développement des instituts nucléaires à celui des autres instituts et universités. Aujourd'hui, en Yougoslavie, comme en d'autres pays d'ailleurs, la "science nucléaire" ne saurait jouer le rôle qu'on lui accordait il y a 30 ans. Il ne serait guère possible d'avancer aujourd'hui ce que beaucoup croyaient à cette époque, par exemple, que les travaux de physique nucléaire, en général, sont essentiels au développement de l'énergie nucléaire d'un pays.

Mais l'exemple des centres nucléaires de Yougoslavie, le rôle qu'ils ont joué dans le passé et notamment leur rôle actuel, peuvent être très intéressants et très instructifs pour ceux qui se trouvent aujourd'hui dans la situation que connaissait la Yougoslavie il y a 30 ans et qui souhaitent se doter d'une infrastructure scientifique, si importante pour leur progrès social et économique, ou en favoriser le développement. Il est essentiel qu'ils trouvent les moyens qui, étant adaptés à leur situation et à leurs traditions, leur permettront de créer des conditions particulièrement favorables à la recherche, de concentrer les moyens nécessaires à cette fin et de réunir un capital d'expérience, de créativité et de chercheurs. Il est indispensable de créer les conditions susceptibles d'attirer les chercheurs et les ingénieurs, de leur offrir un environnement qui encourage l'action et la concertation et leur permette d'être en contact avec les travaux de recherche de pointe qui se poursuivent ailleurs. En d'autres termes, il est indispensable de créer, au sein des universités notamment, des centres d'excellence dans lesquels les chercheurs travailleront des thèmes de recherche exaltants propres à favoriser le développement de leur pays. Ce n'est, certes, pas une tâche aisée, et il est particulièrement difficile pour diriger ces centres de trouver des hommes qui ne soient pas seulement des chercheurs et des formateurs mais aussi des organisateurs et des chefs. D'autre part, il ne faut surtout pas oublier que, dans tous les pays, ces centres ont toujours fait l'objet d'attaques venant de nombreux milieux, et qu'ils ont besoin d'être protégés. Je ne crois pas, cependant, que la dispersion de la recherche, comme cela arrive souvent au niveau universitaire, même le plus élevé, puisse aboutir aux mêmes résultats que sa concentration à l'intérieur de centres offrant des possibilités de coopération dans un climat pluridisciplinaire entre les membres d'un personnel de qualité et motivé.