

UN PROGRAMME ATOMIQUE TRIPARTITE: LE NPY

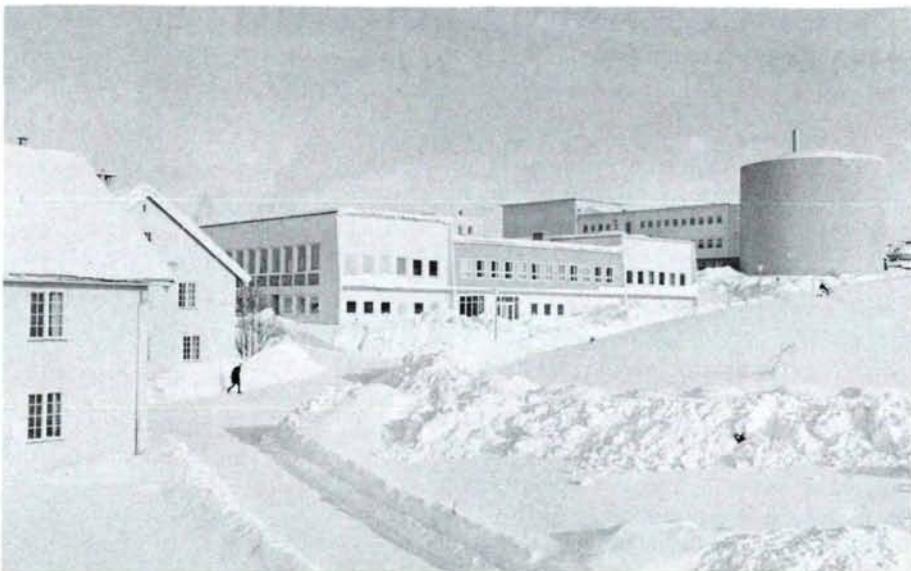
N pour Norvège, P pour Pologne et Y pour Yougoslavie; NPY est le sigle d'un programme de coopération mis en oeuvre sous l'égide de l'Agence. Depuis 1964, ce programme a apporté d'importantes contributions à la connaissance de la physique des réacteurs; en même temps, il a permis de renforcer les activités de recherche des trois pays et d'aider les autres pays dans leurs travaux. L'article qui suit donne un aperçu des excellentes conditions dans lesquelles se déroule ce programme qui pourra servir de modèle pour la préparation d'autres programmes entrepris en commun par plusieurs pays.

L'accord signé avec l'Agence par les trois pays intéressés n'est entré officiellement en vigueur qu'en avril 1964, mais certaines dispositions avaient déjà été appliquées l'année précédente. Il était prévu pour une période de trois ans mais sa réussite a été telle qu'il a été décidé en 1967 de le prolonger pour une nouvelle période de trois ans. L'ensemble de ce programme a été décrit dans un mémoire (n° 596) présenté en 1964 à la Conférence de Genève sur les applications de l'énergie atomique à des fins pacifiques.

Le but de l'accord était de coordonner certaines parties des programmes des pays signataires sur la physique des réacteurs. Ces programmes comportaient en effet plusieurs projets très voisins et on espérait en les coordonnant obtenir de meilleurs résultats.

Les recherches sont effectuées dans les laboratoires suivants: Institut for Atomenergi, à Kjeller (Norvège), Institut de recherches nucléaires, à Swierk (Pologne), Institut Boris Kidric, à Vinca, et Institut Josef Stefan, à Ljubljana (Yougoslavie).

Le thème fondamental des recherches scientifiques est l'étude de la physique des réseaux de réacteurs thermiques et comprend à la fois des expériences et des calculs théoriques. Les expériences ont été effectuées dans les ensembles critiques et sous-critiques suivants: l'assemblage à uranium légèrement enrichi dans de l'eau lourde et dans de l'eau légère (NORA), en Norvège; l'assemblage critique à uranium enrichi, avec modérateur à eau et graphite et réflecteur en graphite "ANNA", et l'ensemble sous-critique à uranium-graphite "HELENA", en Pologne; enfin, l'assemblage modéré à l'eau lourde RB, en Yougoslavie. Les ordinateurs des trois pays



Vue partielle de l'Institut for Atomenergi à Kjeller (Norvège) avec les bâtiments abritant les réacteurs de recherche NORA (à gauche sur la photo) et JEEP II, lequel produit également des isotopes.

ont été utilisés pour les études théoriques, le plus grand et le plus rapide étant celui de la Norvège.

Les accords de coopération permettent à chaque équipe de mieux connaître les résultats et les projets des deux autres, ce qui supprime des doubles emplois inutiles. En outre, ils ont rendu possibles des échanges d'experts et de matériel spécial entre les trois pays.

ORGANISATION

Le programme est dirigé par un Comité mixte, composé d'un représentant de chacun des trois pays et de deux membres de l'Agence, qui se réunit environ deux fois par an. Chacune des parties a également désigné un directeur du programme responsable de la partie du programme relevant du pays considéré. Les trois directeurs de programme participent également aux réunions du Comité.

On trouvera ci-après un exemple des questions traitées par le Comité:

- Problèmes de personnel, notamment détachement de personnel d'un centre dans un autre et placement des boursiers de l'Agence;
- Etat d'avancement des travaux scientifiques;
- Planification détaillée des activités pour la période suivante;
- Journées d'études, cours, réunions et monographies;

- Présentation technique par des membres du personnel du centre où a lieu la réunion.

Le rôle de l'Agence revêt plusieurs aspects. Par son programme de bourses d'étude, elle a pu mettre des hommes compétents à la disposition des centres participants, augmentant ainsi leur valeur en tant que centres de formation pour les stagiaires qui y sont affectés. Elle assure des services de secrétariat qui facilitent le fonctionnement de l'accord. La participation de membres du personnel de l'AIEA aux discussions techniques a parfois permis de faire connaître aux chercheurs de nouvelles informations relatives à leurs travaux. Enfin, grâce à sa parfaite connaissance du programme, l'Agence a pu organiser des activités périphériques, notamment des cours d'été, tenus dans le cadre du projet.

Le financement est assuré essentiellement par les pays intéressés. On estime que les dépenses encourues pour l'échange de spécialistes, les réunions de comités, etc., ne sont pas plus élevées que celles qui auraient été nécessaires pour permettre à chaque laboratoire de se tenir au courant de ce qui se passe dans les autres. Une normalisation des accords d'échange permettra d'agir plus efficacement tant en ce qui concerne le programme commun que les programmes nationaux connexes. Comme le programme constitue une synthèse des travaux effectués sur le plan national, il n'est plus nécessaire de faire appel à d'autres ressources sauf pour les activités qui, comme on l'a déjà dit, sont patronnées par l'AIEA: bourses d'étude, réunions internationales, préparation de monographies et cours.

L'un des avantages les plus évidents résultant de l'accord, c'est qu'il a permis d'accélérer la fourniture de matières et de matériel spéciaux qui sont prêtés par un des pays signataires à un autre. La Norvège, la Pologne et la Yougoslavie sont à la fois fournisseurs et receivers de feuilles et d'échantillons préparés spécialement pour les expériences. Chaque pays a mis au point des techniques de construction d'appareillage et a ensuite fourni aux deux autres, soit les appareillages eux-mêmes, soit tous les renseignements nécessaires pour les construire.

LES ACTIVITES DU NPY

Le Comité mixte met au point des directives concernant les domaines d'activité à explorer dans au moins deux des trois pays et celles pour lesquelles une coopération est jugée nécessaire.

Thermalisation et distribution des neutrons thermiques. Sous cette rubrique, la principale activité a consisté à mesurer et à interpréter la distribution des neutrons thermiques dans les assemblages critiques. Comme les trois pays possèdent des assemblages critiques différents, il était utile de déterminer comment une théorie applicable à un réseau peut être extrapolée à un autre. Le résultat des mesures effectuées a été communiqué aux théoriciens des trois pays, ce qui a permis de vérifier par le calcul la validité de plusieurs modèles théoriques. Les résultats préliminaires ont fait

l'objet d'une communication conjointe à la Conférence de Genève de 1964 et les résultats définitifs ont été consignés dans une monographie *. On pense que ces travaux ont permis de mettre fin à des divergences depuis longtemps constatées entre le résultat des expériences et les prédictions de la théorie sur la distribution spectrale et spatiale des neutrons thermiques dans les cellules de réseaux à un seul élément combustible.

De nouvelles méthodes expérimentales et des méthodes de calcul théoriques mettant en jeu à la fois des calculs manuels et l'emploi de codes numériques ont fait l'objet de francs échanges. Certaines des expériences ont été effectuées en utilisant un générateur à neutrons pulsés fourni par l'Agence.

En liaison avec cette activité, des journées d'études sur la thermalisation des neutrons ont eu lieu à Varsovie en décembre 1965. Elles comportaient dix heures de conférences faites par M. Paul Michael (Brookhaven, Etats-Unis) et dix heures de discussions. Vingt-six participants venant de cinq pays y ont assisté.

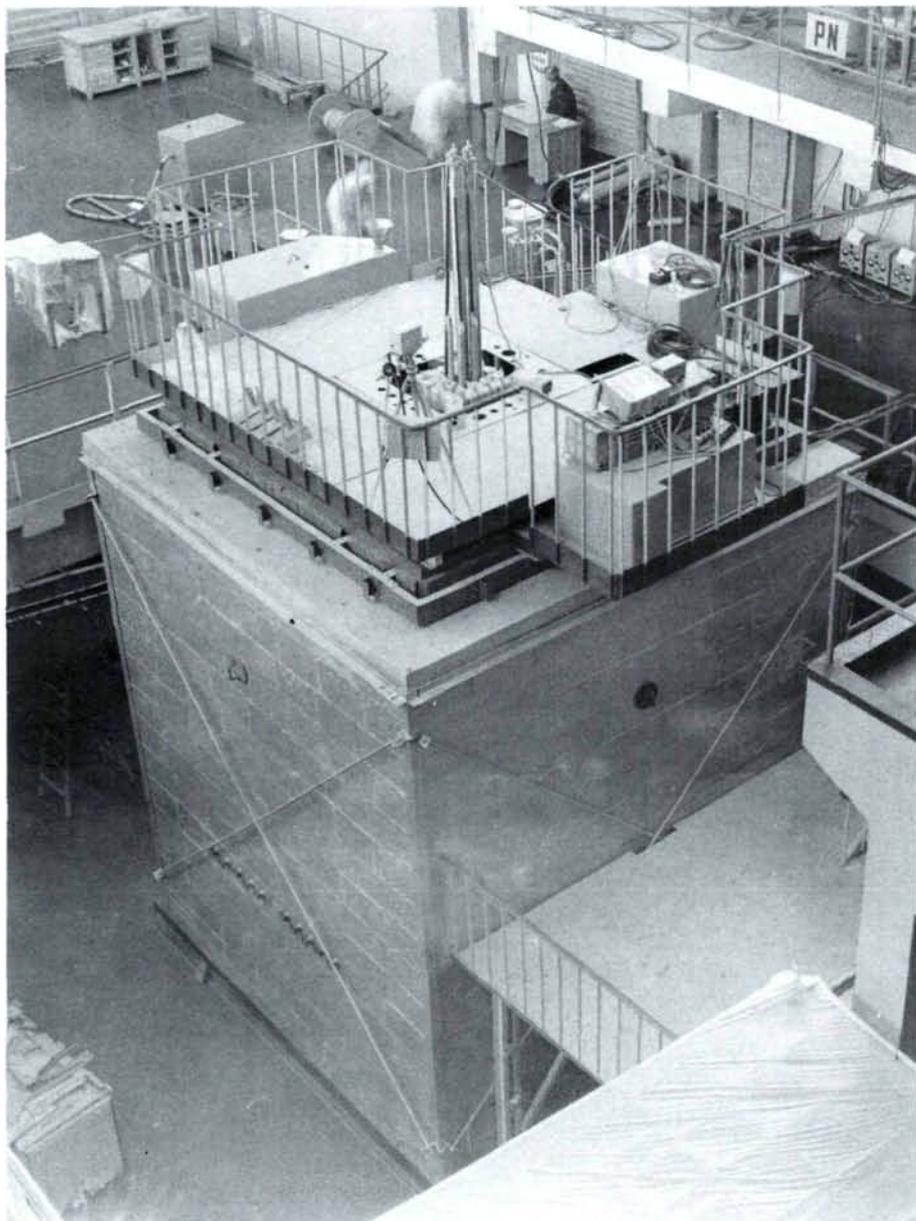
Ralentissement et absorption par résonance. De grands progrès ont été accomplis en ce qui concerne la mesure chimique de l'absorption par résonance dans l'uranium naturel, par une méthode de séparation rapide qui permet d'isoler le neptunium-239 formé. Il importe de savoir combien de neutrons sont perdus pour la réaction en chaîne par cette absorption par résonance qui capture les neutrons pendant le ralentissement, avant qu'ils aient eu la possibilité de provoquer la fission. Plusieurs autres matériaux ont été utilisés: la capture par résonance de l'argent (employé pour régler le fonctionnement des réacteurs), du zirconium et du zircaloy (matériaux structurels), a fait l'objet de communications. En 1964, des journées d'étude sur l'absorption par résonance ont été organisées à Belgrade sous la direction de M. Robert Hellene (Brookhaven, Etats-Unis). Six conférences ont été suivies de plusieurs heures de discussions sur des sujets extrêmement complexes.

Mesures du laplacien et interprétation des résultats. On sait que le laplacien est un paramètre généralisé qui dépend étroitement de la dimension critique d'un réacteur. Les travaux théoriques ont consisté, d'une part, à préparer un programme pour un ordinateur incorporant certaines des méthodes normales de prédiction du laplacien et, d'autre part, à mettre au point de nouvelles solutions au problème de la criticité. (Dans un réacteur, le laplacien et la géométrie du réacteur permettent à eux seuls de déterminer si un système simple est critique, et, dans l'affirmative, quelle sera l'allure de la distribution du flux.)

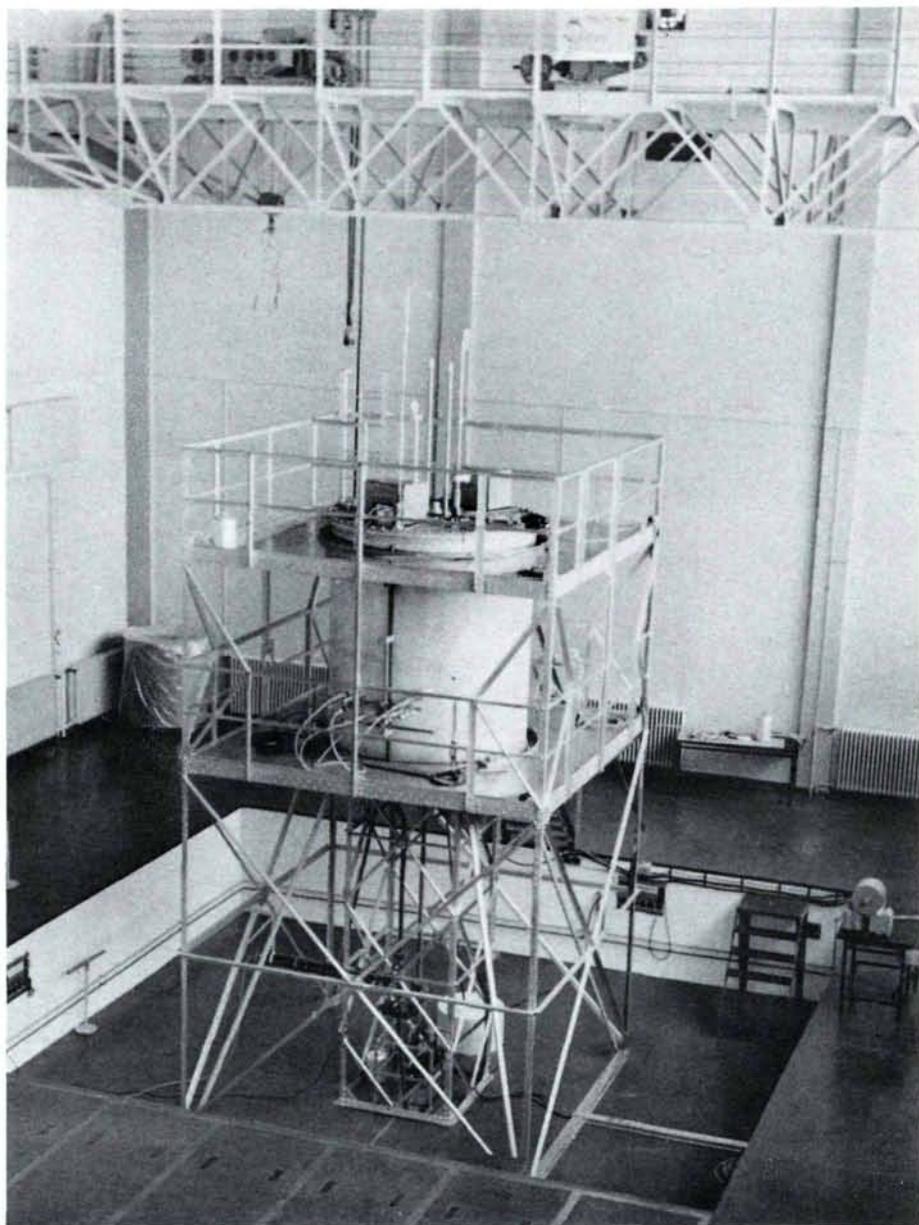
Cinétique des réacteurs. Ce problème a été étudié par trois méthodes: le brut neutronique (c'est-à-dire la fluctuation de la population de neutrons due aux fluctuations naturelles du taux de fission); la modulation du réacteur (c'est-à-dire la manière dont la population de neutrons répond à une varia-

* R. J. J. Stamm'ler, S. M. Takac, Z. J. Weiser, "Neutron Thermalisation in Reactor Lattice Cells: An NPY Project Report", Collection "Rapports techniques" No 68, AIEA, Vienne (1968).

L'assemblage critique ANNA à Swierk (Pologne) qui fonctionne au moyen d'uranium enrichi dans un milieu d'eau et de graphite. Un assemblage sous-critique, nommé HELENA est également utilisé pour le projet NPY.



L'assemblage yougoslave RB ralenti à l'eau lourde.



tion de la criticité); les sources pulsées (c'est-à-dire la manière dont une pulsation de neutrons se transforme en une population de neutrons stable ou à variations lentes).

Au fur et à mesure que ces travaux se poursuivaient, la nécessité d'une activité théorique parallèle se faisait sentir. On a constaté que les descriptions normales de la réactivité, couvrant une gamme d'états critiques, super-critiques et sous-critiques dans un réacteur, sont en partie inexactes ou incomplètes. Des travaux ont été effectués pour obtenir des définitions exactes de la réactivité en vue de leur application à des circonstances expérimentales données. D'autres problèmes théoriques concernent les effets des migrations spatiales des neutrons sur leurs variations dans le temps.

Deux journées d'études sur la cinétique des réacteurs ont eu lieu en Norvège: l'une à caractère général, en mai 1965, et l'autre consacrée tout particulièrement au bruit neutronique, en mars 1966. Les orateurs invités à la première de ces deux conférences étaient MM. Henri Smets (ENEA) et N. G. Sjøstrand (Institut Chalmers de technologie de Suède). Les journées d'étude sur le bruit neutronique comportaient des conférences faites par MM. D. Stegeman (Karlsruhe, Allemagne) et W. Mattes (EURATOM, Ispra, Italie). Des participants étaient venus également des Pays-Bas. Cette réunion a permis de faire des suggestions pour les programmes du NPY dans ce secteur de recherche.

Mise au point d'un code pour les études nucléaires. Cette activité, qui est en corrélation avec beaucoup d'autres, consiste à mettre au point un système de code modulaire (c'est-à-dire un code d'ordinateur type, composé de "blocks" indépendants pour chacun des problèmes auxiliaires) permettant de prédire avec exactitude les propriétés de tous les assemblages mesurés dans tous les centres ainsi que celles des assemblages similaires provenant d'autres sources. L'activité a été au début concentrée en Norvège et en Pologne et ces deux pays ont procédé ensemble aux analyses et à la préparation des programmes d'ordinateurs. Plus récemment, l'agrandissement du calculateur dont dispose l'équipe yougoslave a permis à ce pays de se joindre aux travaux.

COURS D'ETE

En plus des journées d'étude, l'un des résultats les plus intéressants du projet a été de permettre d'organiser des cours supérieurs d'été sur la physique des réacteurs. L'AIEA les a subventionnés, dans le cadre de son programme d'assistance technique, avec l'appui des trois pays, ce qui leur a donné un caractère mondial tout en permettant à la Yougoslavie, à la Pologne et à la Norvège de présenter les résultats obtenus et de préparer des mémoires complétant la documentation. Des conférences et des cours ont été donnés par plusieurs des plus grands physiciens du monde. En outre, les discussions des experts ont facilité la planification et l'exécution des programmes.

Le premier cours supérieur d'été sur la physique des réacteurs a eu lieu à Zakopane, Pologne, en septembre 1964, en présence de 67 participants

et de 19 observateurs venant de 28 pays. Il a permis la publication d'une série de notes de conférences sur la physique des réacteurs qui ont été largement diffusées.

Le deuxième cours a eu lieu à Sandefjord, Norvège, en septembre 1966, et a réuni 122 participants venant de 31 pays. Des notes de cours ont été préparées par les autorités norvégiennes (Rapport Kjeller KR-117, 1967) et un nombre limité d'exemplaires peuvent être fournis par l'AIEA.

PUBLICATIONS

Le projet NPY a donné naissance à un grand nombre de rapports qui ont été communiqués à toutes les parties intéressées et sont utilisés comme base pour la préparation de publications à caractère plus officiel. On peut obtenir des exemplaires de ces documents et des bibliographies des rapports publiés en s'adressant au centre d'origine; en outre, la Division de l'énergie d'origine nucléaire et des réacteurs de l'AIEA fournit sur demande la liste des rapports.

La monographie susmentionnée sur la thermalisation des neutrons constitue une contribution précieuse aux publications scientifiques mondiales; l'Agence l'a largement diffusée et elle est devenue l'ouvrage de référence fondamental sur cette question.