

LE PROJET NORA OFFRE DES POSSIBILITES EXCEPTIONNELLES DE RECHERCHE ET DE FORMATION SUPERIEURE AVEC UN REACTEUR

Comme on l'a annoncé dans le numéro d'avril du Bulletin, un programme international de recherche et de formation avec un réacteur, dont l'exécution à l'aide de l'ensemble critique norvégien NORA durera trois ans, a été élaboré.

Objet

Le projet a pour but de déterminer, au moyen d'expériences intégrales, les données fondamentales de la physique des réacteurs pour des réseaux utilisant comme ralentisseur de l'eau ordinaire, de l'eau lourde ou un mélange d'eau ordinaire et d'eau lourde et comme combustible des cartouches de dimensions et d'espacements variables, ayant trois degrés d'enrichissement et trois compositions différents. Les objectifs peuvent être résumés comme suit :

Contribuer à une meilleure compréhension de la physique fondamentale des réseaux hétérogènes ralentis à l'eau ;

Rassembler des données sur des modèles qui n'ont pas encore été étudiés jusqu'ici, notamment les modèles ralentis par des mélanges d' H_2O et de D_2O ;

Améliorer les techniques expérimentales ;

Augmenter la précision des données existantes sur des modèles déterminés ;

Faire des recherches sur les effets de réacteur de puissance, pour autant que ces effets peuvent être simulés dans un ensemble critique.

L'équipe internationale

Le projet commun vise à exécuter des travaux d'un niveau technique élevé ; on espère y parvenir en réunissant une équipe internationale de chercheurs dont les membres auront été choisis avec beaucoup de soin. L'Institut norvégien d'énergie atomique fournira le personnel permanent nécessaire pour le réacteur NORA ; l'équipe internationale est constituée par l'Agence. La désignation définitive des candidats sera faite par un comité mixte composé de l'homme de science indien R. Ramanna, président nommé conjointement par l'AIEA et la Norvège, de deux membres représentant la Norvège et de deux membres représentant l'Agence.

Les candidats doivent être titulaires d'un diplôme universitaire et posséder une expérience de deux à trois ans dans le domaine de la physique théorique ou expérimentale des réacteurs, de préférence en rapport avec le programme des expériences prévues ; ils doivent être disponibles pour une

durée d'un an au moins. Ils doivent parler et écrire couramment une des deux langues de travail de l'Institut, qui sont l'anglais et le norvégien. Les postes à pourvoir pour la première étape de l'exécution du programme sont les suivants :

- Un ou deux spécialistes de la physique expérimentale des réacteurs connaissant bien la technique des expériences faites avec des ensembles critiques et l'interprétation des résultats ;
- Un spécialiste de la physique expérimentale particulièrement qualifié pour étudier les effets de la température et des vides ;
- Un spécialiste de la physique expérimentale ayant de bonnes connaissances théoriques et expérimentales de la mesure des spectres de flux de neutrons ;
- Un physicien ou ingénieur spécialiste des problèmes de la cinétique des réacteurs ;
- Un ou deux physiciens connaissant à fond la théorie des réacteurs.

Le projet NORA offre des occasions particulièrement intéressantes d'effectuer des recherches et d'acquérir une formation supérieure ; on espère donc que des spécialistes qualifiés demanderont à faire partie de l'équipe internationale.

Les demandes doivent être adressées à l'Agence par l'intermédiaire des gouvernements. Il est prévu qu'en règle générale, les Etats Membres intéressés prendront à leur charge les frais de voyage et la rémunération de ceux de leurs candidats qui pourront être désignés pour participer à ce programme. Toutefois, si des Etats Membres rencontrent des difficultés pour couvrir ces dépenses, l'Agence pourra en assumer une partie.

Programme

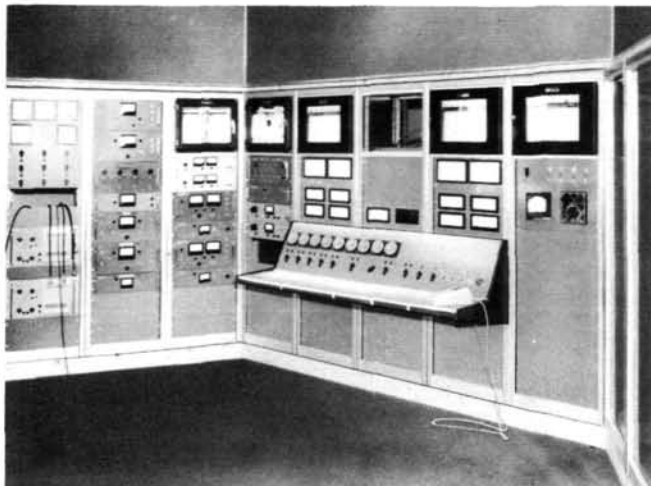
Il est prévu que l'on fera avec le réacteur NORA des expériences sur l'état critique, des expériences cinétiques et des expériences avec effets de réacteur de puissance simulés. Le programme détaillé, dont l'exécution a commencé en mai dernier, se présente comme suit :

1. Essais antérieurs à la mise en divergence, effectués avec H_2O
 - 1.1 Essais mécaniques (pompes, valves, etc.)

1. 2 Circuit de contrôle (essais des canaux à l'aide de sources de neutrons, essais des barres de commande, etc.)
 1. 3 Essais d'introduction et de retrait de combustible et de matériel expérimental.
 2. Fonctionnement "à froid" de l'installation avec D₂O
D'une façon générale, mêmes opérations que dans la section 1, mais les pompes, les valves, les appareils de chauffage et le circuit de circulation auront été étalonnés avec précision.
 3. Expériences avec la charge d'uranium naturel et D₂O
 3. 1 Mise en divergence
 3. 2 Etalonnage (barres de commande, instruments nucléaires, niveaux absolus de puissance, etc.)
 3. 3 Expériences sur l'état critique : mesures de flux macroscopiques et microscopiques, rapport des sections efficaces de fission uranium-238/uranium-235, coefficients de réactivité en fonction du niveau de l'eau
 3. 4 Mesures cinétiques
fonctions de transfert
 4. Expériences avec les charges enrichies à 1,5 % et à 1,7 % et D₂O
 4. 1 Mise en divergence
 4. 2 Etalonnage des barres de commande
 4. 3 Expériences sur l'état critique, avec des rapports de volume différents ralentisseur/combustible :
distributions de flux macroscopiques et microscopiques
coefficients de réactivité selon le niveau de l'eau
spectres de neutrons
rapports des sections efficaces de fission uranium-238/uranium-235
effets de la température
rapports d'absorption épi-Cd/sub-Cd pour l'uranium-238
effets de réflexion
 4. 4 Mesures cinétiques
fonctions de transfert
pourcentage des neutrons retardés (bêta)
multiplication sous-critique
 4. 5 Effets de réacteur de puissance simulés
expériences sur le coefficient cavitaire
 5. Expériences avec la charge enrichie à 3,07 % et D₂O
 5. 1 Mise en divergence
 5. 2 Etalonnage des barres de commande
 5. 3 Expériences sur l'état critique avec des rapports de volume différents ralentisseur/combustible, en s'attachant particulièrement aux réseaux insuffisamment ralentis :
distributions de flux macroscopiques et microscopiques
coefficients de réactivité selon le niveau de l'eau
spectres de neutrons
effets de la température
rapports des sections efficaces de fission uranium-238/uranium-235
rapports d'absorption épi-Cd/sub-Cd
effets du réflecteur
efficacité des barres de commande
 5. 4 Expériences cinétiques
fonctions de transfert
pourcentage des neutrons retardés (bêta)
multiplication sous-critique
 5. 5 Effets de réacteur de puissance
effets des vides
 5. 6 Expériences diverses
mesures, avec un oscillateur de pile, de l'absorption par résonance dans divers spectres neutroniques
- Lorsque les mesures effectuées avec D₂O comme ralentisseur et la charge enrichie à 3,07 % seront terminées, le réacteur NORA sera modifié pour servir à des expériences sur les réseaux serrés utilisant des mélanges D₂O - H₂O. Il faudra étalonner à nouveau certains éléments de l'ensemble non critique (débits, distributions des températures, etc.).
- Le programme de recherches sur des coeurs ralentis avec un mélange H₂O - D₂O, pour lequel on utilisera la charge enrichie à 3,07 % sera semblable au programme ci-dessus comportant l'emploi de D₂O, mise à part la possibilité d'une gamme plus étendue de rapports de volume ralentisseur/combustible. Ce programme sera élaboré en temps voulu.

Installations

Le réacteur NORA est situé dans l'établissement principal de l'Institut d'énergie atomique à Kjeller, soit à 20 km d'Oslo. L'Institut d'énergie atomique est un organisme gouvernemental qui s'occupe de recherches dans toutes les branches de l'énergie nucléaire. Son personnel compte environ 450 personnes, dont une bonne partie ont reçu une formation universitaire. Créé en 1948, l'Institut a reçu en 1951 son premier instrument de travail important, le réacteur de recherche JEEP de 450 kW. Le deuxième réacteur - réacteur Halden à eau lourde bouillante de 20 MW - qui est situé à 120 km au sud



Salle de commande du réacteur NORA

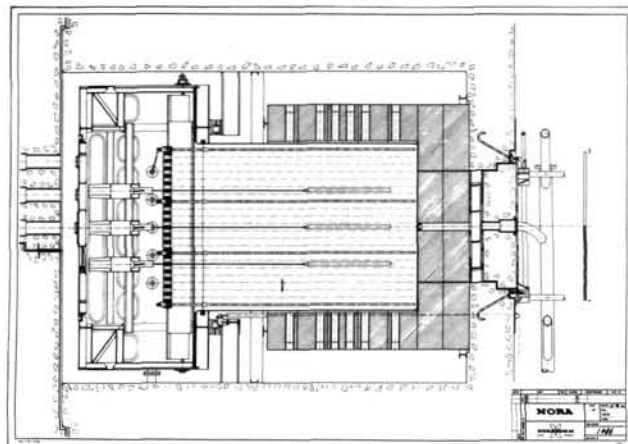
de l'établissement principal de l'Institut est entré en divergence pendant l'été de 1959. Le NORA sera donc le troisième réacteur construit et mis en service par l'Institut. Un quatrième réacteur (source de neutrons) est en construction.

L'Institut comprend plusieurs divisions et départements qui se consacrent respectivement à la physique, à la chimie, à la métallurgie, aux études de piles et à la production d'isotopes. Le projet NORA sera exécuté en coopération étroite avec la division de physique.

NORA a été construit exclusivement pour servir à des recherches sur la physique des réacteurs. En élaborant ses plans, une des préoccupations dominantes a donc été d'assurer une très grande souplesse de fonctionnement, compte tenu des exigences de la sécurité nucléaire et radiologique.

Comme le montre la figure 3, le réacteur comprend une cuve d'aluminium d'un diamètre de 2,25 mètres et d'une hauteur de 3 mètres, ainsi qu'un répartiteur contenant les barres de sécurité et un dispositif de suspension de cartouches de combustible. La cuve est entourée d'un réflecteur en graphite de 50 cm d'épaisseur et d'un bouclier en béton épais de 120 cm, dont plusieurs parties sont amovibles.

Un élément cylindrique situé à la base du réflecteur et du bouclier est amovible. On peut donc faire varier la composition de cette partie du réflec-



Coupe verticale de l'ensemble critique

teur, ce qui permet d'étudier l'efficacité de divers réflecteurs.

Dans la première phase du fonctionnement, le ralentisseur utilisé sera de l'eau lourde. On a donc construit pour les cartouches de combustible un dispositif de suspension souple grâce auquel le pas du réseau pourra varier de demi-centimètre en demi-centimètre, à partir d'une valeur de 10 cm. Ultérieurement, lorsqu'on utilisera comme ralentisseur un mélange $H_2O - D_2O$ et H_2O , la stabilité des cartouches de combustible sera assurée au moyen de plaques percées d'orifices.

Un échangeur de chaleur et des appareils de chauffage électriques ont été installés dans le circuit de circulation du ralentisseur; il sera ainsi possible d'effectuer des mesures à des températures du ralentisseur allant jusqu'à 80 ou 90°C.

Le circuit de commande comprend six canaux nucléaires permanents et un dispositif automatique de contrôle "à tout ou rien" pouvant empêcher toute variation de la puissance du réacteur $> \pm 0,5\%$ pendant une heure ou davantage.

NORA possède un dispositif de précision pour la mesure de la hauteur de l'eau indiquant à $\pm 0,1$ mm près le niveau atteint par le ralentisseur.

La salle de contrôle contient, outre l'appareillage normal des réacteurs, un certain nombre de tableaux de commande destinés à du matériel expérimental.