

# COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

COM(69) 350 - ANNEXE TECHNIQUE N° 3

Bruxelles, le 30 avril 1969

ACTIVITÉS FUTURES D'EURATOM

---

Annexe technique n° 3

"GESTION DU COMBUSTIBLE" ET

"TRAVAUX SUR DEMANDE ET CONTRE REMUNERATION"

---

COM(69) 350

ANNEXE TECHNIQUE N° 3

Se rapporte aux chapitres :

II.3 GESTION DU COMBUSTIBLE

III.10 TRAVAUX SUR DEMANDE ET CONTRE REMUNERATION

- Gestion du combustible - Développement de codes de calcul

GESTION DU COMBUSTIBLE - DEVELOPPEMENT DE CODES DE CALCUL.

I. Description et but de l'activité.- Moyens de réalisation.

1. Introduction

Le problème économique de la gestion rationnelle du combustible des centrales nucléaires de puissance est d'une importance primordiale pour le développement de l'énergie nucléaire. Les dépenses cumulées à ce titre atteignent en effet près de 300 u.c. par kw installé pendant la durée de vie d'une centrale nucléaire éprouvée, sur la base d'une durée d'utilisation de 6.000 h/an pendant 30 ans. Toute réduction de coût, provenant tant d'une meilleure utilisation du combustible existant que d'une diminution du prix de fabrication résultant du progrès technologique, se traduit finalement pour le consommateur par une économie sensible. Il importe donc de donner aux constructeurs et aux exploitants les moyens, en codes de calcul, qui leur permettent d'optimiser le fonctionnement des centrales et de prédire l'effet d'une amélioration ou d'une simplification dans la fabrication des éléments de combustible, ainsi que de la réutilisation éventuelle du plutonium produit antérieurement.

Au niveau de l'ensemble d'un parc de centrales nucléaires se pose encore le problème de définir une stratégie optimisée de la gestion globale des matières fissiles et fertiles.

On doit distinguer deux familles principales de codes de calcul correspondant à ces deux aspects de la gestion unitaire et globale du combustible :

- a) codes qui décrivent en détail l'évolution de chaque élément combustible dans un réacteur donné, et qui nécessitent des calculs à deux et trois dimensions
- b) codes qui, en se référant aux caractéristiques moyennes des coeurs de réacteurs et au cycle à l'équilibre, donnent un

bilan global des matières fissiles et fertiles, en fonction de différents schémas possibles de recyclage.

Sur la base des résultats obtenus par ces codes, des études d'optimisation de l'installation et de l'emploi des centrales nucléaires seront possibles. Ces codes de stratégie doivent aussi être développés.

## 2. Description de l'activité

Le développement des codes mentionnés sous a) nécessite l'amélioration des méthodes de calcul disponibles actuellement en Europe pour se rapprocher des performances des codes américains les plus récents. Le recours aux techniques nodales et de synthèse permet de réduire les temps de calcul et d'augmenter ainsi le nombre des points spatiaux (mesh points), de manière à traiter avec une précision suffisante les coeurs des plus gros réacteurs envisagés, de 800 MWe et au dessus. Ces techniques de calcul très spécialisées se basent sur l'utilisation de codes complexes pour ordinateurs digitaux. Au moins dans un premier temps, la mise au point de ces codes ne préjuge pas le type de réacteur de puissance auquel il peut s'appliquer.

Pour les codes mentionnés sous b), il y a lieu de perfectionner des codes existants, en particulier des versions à une dimension mises au point à Ispra, pour tenir compte des effets d'hétérogénéité dans les éléments de combustibles. On prévoit aussi de développer les codes de stratégie permettant l'étude de l'optimisation de l'emploi des matières fissiles et de l'installation des divers types de réacteurs.

## II. Motivation technique

a) Les codes de calcul détaillés prévus sous I a) sont nécessaires aux constructeurs de centrales, exploitants et fabricants de combustibles pour suivre l'évolution du combustible dans un réacteur spécifique donné et prédire l'effet du progrès technologique.

Les raisons qui justifient le développement de ces types de codes de calcul sont les suivantes :

1. connaître l'histoire détaillée de l'irradiation de chaque élément de combustible
  2. optimiser en continu la conduite de la centrale aux conditions réelles de marche
  3. permettre l'incorporation du progrès technologique dans la fabrication des éléments de combustible.
1. Lorsqu'une charge de combustible est mise dans le réacteur, l'exploitant doit pouvoir suivre l'histoire de l'irradiation de chaque élément jusqu'au moment du déchargement. L'instrumentation "in core", l'enregistrement de la puissance produite, des mouvements du combustible, et des moyens de contrôle fournissent les données de base pour élaborer avec des calculs simples la tenue à jour de la fiche individuelle de chaque élément de combustible. Parfois, un ordinateur "on line" est installé pour exécuter les calculs nécessaires pendant le fonctionnement du réacteur. Les codes employés pour ces calculs doivent permettre une description tridimensionnelle du réacteur en utilisant au mieux les données recueillies pendant l'opération, tout en restant d'emploi simple et rapide.

Toutefois, lorsqu'une représentation détaillée de chaque élément de combustible est nécessaire en vue de déterminer

la distribution de la puissance à l'intérieur de la grappe pendant l'irradiation, pour déceler, par exemple, les causes d'un endommagement ou décider sur la prolongation de l'irradiation au-delà du temps prévu, des calculs "on line" ne sont plus possibles. Il faut dans ce cas recourir à des codes plus puissants qui, tout en utilisant les informations provenant des mesures faites pendant le fonctionnement du réacteur, décrivent crayon par crayon les concentrations isotopiques et les distributions des neutrons et des sources de chaleur. Un travail important est encore à faire pour le développement de ces codes et leur application aux différents types de réacteurs.

De plus, il faut remarquer que ce travail est non seulement utile pour les problèmes décrits ci-dessus, mais qu'il est aussi nécessaire pour contribuer à la procédure de contrôle du matériel fissile produit dans les réacteurs de puissance. Il constitue le point de départ du programme proposé pour le contrôle des matières fissiles.

2. Il peut arriver que des nécessités imprévues d'exploitation obligent à un changement des temps et modalités de gestion du combustible : arrêt et déchargement à une date différente de celle établie dans le "planning", introduction du combustible dans des positions non prévues auparavant, utilisation d'un combustible de type nouveau.

Pour prendre une décision dans ces cas, l'exploitant doit être en mesure d'évaluer en détail le comportement du combustible dans le noyau dans sa nouvelle situation. Ceci n'est possible qu'en utilisant des méthodes de calcul à deux et trois dimensions qui donnent la distribution des puissances, les points chauds, l'évolution isotopique du combustible, et l'évolution de la réactivité. A l'aide de ces codes, une étude de la gestion des moyens de contrôle (barres, poisons solubles, etc.) et des mouvements du combustible doit être faite en vue d'optimiser la production d'énergie vis-à-vis de la consommation du matériel combustible.

3. L'introduction d'éléments de combustible d'origine différente de celle des éléments existants ou contenant du plutonium et l'incorporation du progrès technologique apparaissent comme des conditions essentielles pour l'amélioration de la compétitivité des centrales nucléaires. Il est alors nécessaire que l'on puisse évaluer avec précision le comportement d'un tel combustible (soit de conception nouvelle, soit modifié dans quelque détail) dans un réacteur donné.

Actuellement les constructeurs européens ne disposent pas des moyens de calcul nécessaires pour étudier le comportement d'un coeur chargé avec un combustible donné et pour en déduire avec précision les mouvements (shuffling), les durées d'irradiation, les moyens de contrôle requis et finalement donner aux exploitants les instructions d'emploi et les garanties exigées.

Sans ces moyens, il est presque impossible à un fabricant de s'implanter sur le marché, d'autant plus qu'il ne peut justifier d'une expérience pratique valable de fonctionnement en pile. Les codes bi et tridimensionnels de gestion de combustible répondent à ces exigences. Un travail important est à réaliser pour mettre au point des instruments modernes associant à des temps d'exécution suffisamment courts, la flexibilité d'emploi et la précision des résultats.

- b) Les codes de calcul proposés sous b) constituent la base de toutes les études de stratégie d'emploi des combustibles nucléaires. Pour la gestion d'un parc de centrales nucléaires de différents types, où la valeur énergétique relative des matières fissiles dépend des caractéristiques de ces centrales, il importe de disposer des moyens de calculs qui donnent, en fonction des besoins et des disponibilités du moment l'utilisation optimale des matières fissiles et fertiles. Le problème principal a trait au plutonium, dont il convient de décider le stockage, le recyclage dans le

réacteur où il a été produit ou l'utilisation dans une autre centrale où sa valeur serait plus élevée. Bien entendu, cet aspect est lié à la composition du mélange uranium-plutonium et à la répartition de ce dernier élément dans le coeur.

Ce travail demande un calcul soigné du spectre neutronique du réacteur considéré, sans qu'il soit essentiel de connaître dans le détail la distribution spatiale de la puissance. Les codes de calcul à élaborer peuvent être à zéro dimension [ou à une dimension, dans certains cas particuliers, comme par exemple le chargement "seed and breed"] . Ils doivent par contre posséder une grande flexibilité d'emploi en ce qui concerne la composition du combustible, notamment vis-à-vis des divers isotopes du plutonium.

Les codes de stratégie sont nécessaires pour toute étude d'évaluation des perspectives à long terme en matière d'utilisation du combustible et d'installation des réacteurs.

### III. Etat de la question

Les codes disponibles en Europe sont anciens et souvent dépassés, par comparaison avec les codes disponibles maintenant aux USA. Il en résulte que le temps machine et par suite le coût pour traiter un même problème est deux à trois fois plus élevé en Europe. De plus, les dimensions des codes disponibles en Europe sont nettement plus petites et insuffisantes pour les réacteurs modernes de grande taille de 600 à 1000 MWe : ainsi le nombre maximum de points spatiaux (mesh points) qui dans les codes américains récents atteint souvent 100.000 n'est que de l'ordre de 10.000 dans les codes disponibles en Europe.

Le manque d'outils de calcul adaptés dans le domaine de l'évolution du cycle de combustible met donc les exploitants de réacteurs, ainsi d'ailleurs que les fabricants d'éléments de combustible, dans une position défavorable.



#### IV. Encadrement communautaire

Au cours des dernières années et notamment en 1968, les industriels et organismes communautaires ont amplifié leur demande d'utilisation des codes disponibles au CCR.

En particulier, les codes à deux et trois dimensions (tels que Condor, Erebus, Triton, développés sous contrat FIAT-ARS) sont couramment utilisés par ~~ETL~~, FIAT, BBK, KFA Juelich, Belgo-nucléaire. Les codes de cycle à l'équilibre (tels que MOGA et BACON) ont été utilisés par Siemens, CNEC et le sont actuellement à Ispra dans le cadre d'une coopération avec le projet Dragon, BBK, KFA Juelich, CEA et Inter Nuclear.

Il est certain qu'une action de développement ultérieur de ces codes correspond à une nécessité reconnue dans la Communauté et sera utile à la plupart des industries européennes.

Le travail proposé constituera aussi un support scientifique indispensable pour les activités prévues dans le Traité (art. 40) de l'Euratom, notamment la préparation des programmes indicatifs.

#### V. Compétence d'Ispra

Grâce à la présence de l'ordinateur IBM 360/65 et à l'expérience acquise pendant de nombreuses années, Ispra est particulièrement qualifié pour l'exécution du travail proposé. De plus, sa position de CCR facilite à la fois le rassemblement de toutes les informations et exigences nouvelles et la mise à disposition aux utilisateurs des codes sous une forme standard et bien au point.