

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

Bruxelles, le 9 octobre 1968

COM(68) 801

PROJET DE PROGRAMME PLURIANNUEL DE RECHERCHE
ET D'ENSEIGNEMENT

(présenté par la Commission au Conseil)

SOMMAIRE

A :	Introduction	p. 1
B :	Présentation d'ensemble du programme futur de recherche..	p. 4
	a) Objectifs généraux	p. 4
	a.1 Activités associées au développement des réacteurs ..	p. 6
	a.2 Activités de recherche à moyen terme et d'intérêt général	p. 9
	a.3 Activités de service public	p. 9
	b) Durée	p. 10
	c) Modalités et moyens	p. 12
C :	Détail des objectifs	p. 14
	I. Activités associés au développement des réacteurs ...	p. 15
	I.1 Réacteurs rapides	p. 15
	I.2 Réacteurs à eau lourde	p. 22
	I.3 Réacteurs à gaz à haute température	p. 29
	I.4 Réacteurs éprouvés à eau légère	p. 39
	I.5 Problèmes technologiques directement liés au dévelop- pement des réacteurs	p. 42
	I.6 Plutonium et Transplutoniens	p. 48
	II. Activités de recherche à moyen terme et d'intérêt général	p. 57
	II.1 Physique des réacteurs	p. 57
	II.2 Physique de l'état condensé et SORA	p. 62
	II.3 Recherche sur des matériaux nucléaires	p. 68
	II.4 Conversion directe d'énergie	p. 75
	II.5 Fusion et Physique du plasma	p. 77
	II.6 Biologie - Protection sanitaire	p. 87
	II.7 Etudes technico-économiques	p. 96

III Activités de service public	p. 98
III.1 Informatique - CETIS	p. 98
III.2 Mesures et étalons nucléaires	p.106
III.3 Le réacteur d'essais de matériaux BR 2	p.112
III.4 Utilisation du réacteur HFR	p.118
III.5 Applications industrielles des rayonnements et isotopes	p.122
III.6 Diffusion des connaissances	p.124
III.7 Enseignement et formation.....	p.128
III.8 Activités de coordination	p.132
D. Tableaux récapitulatifs	p.138

A. INTRODUCTION

En constituant la Communauté Européenne de l'Energie Atomique, les Etats membres ont fixé la mission de cette Communauté qui consiste à contribuer, par l'établissement des conditions nécessaires, à la formation et à la croissance rapides des industries nucléaires, ainsi qu'à l'élévation du niveau de vie dans les Etats membres. Pour accomplir cette mission, la Communauté doit développer la recherche et assurer la diffusion des connaissances techniques. A côté des autres activités de la Communauté, le programme de recherche est un moyen essentiel pour réaliser ces buts. Vu la nature et les caractéristiques du travail de recherche, l'article 7 du Traité prescrit l'établissement de programmes pluri-annuels. Les institutions de la Communauté sont donc tenues d'établir de tels programmes, sauf pour des actions pour lesquelles des circonstances particulières rendent opportun de se limiter à des programmes annuels. Se conformant à cette obligation, la Commission présente la proposition d'un programme dont la plupart des actions s'étale sur 5 ans. Pour d'autres, soit en raison des travaux préparatoires nécessaires à la décision d'un projet de programme pluriannuel, soit en raison de la nature d'une activité de recherche déterminée, la Commission propose des périodes plus courtes.

En soumettant à la réflexion et à la discussion du Conseil un rapport d'ensemble sur la politique nucléaire de la Communauté, la Commission a entendu montrer qu'elle était pleinement consciente de la nécessité, après plus de dix ans d'application du Traité créant Euratom, de tirer les leçons de l'expérience en ce qui concerne tant les objectifs à poursuivre dans le domaine nucléaire que les moyens d'y parvenir. La Commission espère que, sur la base de ce rapport, une discussion fructueuse pourra s'engager au Conseil.

La logique eût sans doute commandé d'attendre, pour élaborer un projet de programme pluriannuel, que la discussion du rapport d'ensemble au sein du Conseil ait permis de dégager un consensus suffisamment précis sur les objectifs et les méthodes devant guider les activités futures d'Euratom. La Commission a cependant considéré qu'elle ne pouvait, pour plusieurs raisons, différer davantage la présentation d'un programme pluriannuel et d'un projet de budget pour l'année prochaine. D'abord parce qu'elle est tenu, en vertu des dispositions du Traité, de procéder au dépôt de ces documents ; ensuite parce que la discussion du rapport d'ensemble revêtira probablement une ampleur telle qu'il serait imprudent d'en escompter l'aboutissement très rapide dans les quelques semaines qui nous séparent de la fin de l'année ; enfin parce que, responsable de la bonne exécution du programme et du budget adoptés par le Conseil, la Commission ne pouvait prendre sur elle de compromettre la continuité et la sécurité nécessaires des travaux entrepris.

Tout en s'efforçant de ne pas préjuger des dispositions que le Conseil pourra prendre à l'issue de la discussion du rapport d'ensemble, le projet de programme s'inspire de l'analyse de la situation nucléaire de la Communauté développée dans ce rapport et des principes d'action qui y sont exposés, notamment en ce qui concerne la nécessité de la coordination des programmes nationaux de recherche et du resserrement des structures industrielles.

.../...

Par ailleurs, la Commission a tenu compte aussi largement que possible des recommandations de caractère général qui résultent des décisions prises par le Conseil le 8 décembre 1967. Le Conseil avait retenu quelques principes et envisageait de définir des orientations pour l'élaboration des programmes pluriannuels ; celles-ci n'ont pu être concrétisées formellement, mais la Commission dispose néanmoins des principales indications nécessaires qui lui ont paru nécessaires et suffisantes pour cette élaboration, à savoir :

- a) l'opportunité d'un programme commun comportant une action directe qui assure l'utilisation optimale du potentiel des établissements du Centre Commun de Recherche et une action indirecte qui tient compte des investissements effectués par la Communauté dans les contrats d'association ;
- b) la nécessité de pourvoir à une mobilité accrue du personnel ;
- c) la possibilité que le ou les programmes pluriannuels de comprendre des actions d'une durée différenciée. Ainsi, la Commission limite ses propositions à un an là où elle estime nécessaire qu'une négociation s'ouvre immédiatement entre les Etats membres pour créer de nouvelles structures de collaboration. Dans d'autres cas, des programmes d'une durée inférieure à cinq ans sont proposés quand le choix relatif à la poursuite d'une action ne peut pas être opéré immédiatement ou lorsqu'une action se termine naturellement au bout d'un certain temps ;
- d) la possibilité d'autres formes d'action (soit Entreprises Communes, soit programmes complémentaires) avec participation financière permettant l'emploi d'une clé différente des contributions. Toutefois, il n'existe pas pour l'ensemble des actions de ce type une orientation définitive. Aussi une certaine souplesse a été prévue dans la fixation des modalités d'action future ;
- e) l'accord unanime pour la poursuite des associations en matière de fusion et d'études biologiques et protection sanitaire ;
- f) la nécessité d'assurer l'exécution des tâches prescrites par le Traité, telles la diffusion des connaissances et l'enseignement, pour lesquelles la continuité a été approuvée.

Par contre, la Commission n'a pas inclus dans sa proposition la solution de certains problèmes qui nécessitent un complément d'étude. Il s'agit en particulier :

- a) du problème de l'approvisionnement en uranium enrichi, évoqué dans le programme sans être accompagné de propositions, compte tenu des travaux en cours ;

.../...

- b) de la modification du statut du personnel, qui pose des préalables juridiques ;
- c) de l'utilisation du Centre Commun de Recherche pour des recherches dans les domaines non nucléaires. La Commission estime ne pas pouvoir faire de proposition sans connaître les domaines qui seraient susceptibles d'être acceptés unanimement par les Etats membres. Sans base légale, la Commission ne peut pas proposer de s'engager dans des domaines non couverts par le Traité. Elle souhaite vivement que les travaux destinés à clarifier les objectifs de la Communauté en matière de recherche en général, actuellement interrompus, soient repris au plus tôt.

Les compétences et l'équipement du Centre Commun de Recherche permettront à celui-ci d'effectuer le moment venu, des recherches dans certains domaines non nucléaires. Au stade actuel cependant, la Commission souligne que le programme qu'elle propose lui paraît entraîner l'utilisation totale du personnel dont elle dispose, tout en comportant la flexibilité nécessaire aux réorientations qui pourraient s'avérer souhaitables.

La Commission n'a pas davantage inclus dans sa proposition de programme commun certaines interventions financières destinées à appuyer le développement industriel (fonds de développement, etc...) dont la nécessité est évoquée dans le rapport d'ensemble. Le caractère de ces

.../...

interventions suggère qu'elles fassent l'objet de propositions séparées, ne relevant pas du programme de recherche.

La Commission insiste sur la nécessité de procéder à une concertation systématique entre la Communauté et les Etats membres avant que ne soient arrêtés les programmes de recherche nationaux et communautaires.

B. PRESENTATION D'ENSEMBLE DU PROGRAMME FUTUR DE RECHERCHE

a) Objectifs généraux

Le programme aura pour grands axes :

- les recherches de développement pour les réacteurs de puissance ;
- des recherches plus fondamentales à moyen terme et d'intérêt général ;
- des activités de service public.

Il comporte en outre le maintien à un niveau modeste d'activités en matière de conversion directe thermo-ionique d'énergie.

Enfin, il pourra comprendre, dans une phase ultérieure, certains travaux en matière d'enrichissement isotopique.

Par ailleurs, l'action de la Communauté doit pouvoir s'exercer selon trois voies :

- a) l'action directe, qui mobilise son potentiel propre en hommes, installations et équipement :
- b) une action indirecte, dans laquelle la Communauté participe à des actions exercées par des organismes des pays membres, en y apportant la collaboration de son personnel de recherche et éventuellement une contribution financière. La forme de l'Entreprise

commune semble particulièrement indiquée pour des activités de nature quasi-industrielle et de service public ; elle est assez souple pour permettre des applications appropriées à chaque cas particulier ;

- c) une action d'études générales et de coordination dans laquelle la Communauté s'efforce de favoriser les contacts entre organismes intéressés à la solution d'une même catégorie de problèmes scientifiques ou techniques et à l'échange d'expériences recueillies en vue de l'optimisation de l'ensemble des efforts.

Le programme étant défini en termes d'objectifs scientifiques et techniques, les établissements du Centre ne sont plus inscrits au programme comme des objectifs.

La Commission devrait disposer d'une certaine souplesse dans l'exécution de ses programmes en tenant compte de leur évolution en fonction des circonstances, tout particulièrement en raison du passage rapide des activités de recherches aux réalisations.

En premier lieu, la Commission entend utiliser, chaque fois que la situation l'exigera, son droit d'initiative pour présenter des propositions d'aménagement de programme.

Par ailleurs, les négociations pour la création des entreprises communes permettront d'adapter le programme de la Commission aux objectifs et structures que ces négociations permettront de définir.

Enfin, la Commission devrait pouvoir procéder à de légères adaptations des dotations en fonction des nécessités : le total général restant constant, aucune augmentation ou diminution de la dotation initiale par objectif ne dépasserait 10 %. Ceci permettrait notamment une utilisation optimale du personnel dont les frais sont imputés à chaque objectif.

Le Conseil serait informé dans les meilleurs délais de ces évolutions, et notamment à l'occasion des discussions budgétaires. De telles règles sont de nature à permettre les adaptations nécessaires sans modification substantielle de l'équilibre du programme et sans impliquer, pour des modifications mineures, les lourdes procédures d'amendement du programme qui ont absorbé tant de temps et d'énergie des instances du Conseil et de la Commission.

a.1) Activités associées au développement des réacteurs

Ce groupe d'activités comprend les objectifs ci-après :

- réacteurs rapides,
- réacteurs à eau lourde,
- réacteurs à haute température,
- réacteurs éprouvés à eau légère,
- problèmes technologiques liés aux réacteurs,
- plutonium et transplutoniens (à concurrence de 80 % du programme).

Ces activités doivent tenir compte des considérations résumées ci-après :

Trop de variantes de réacteurs sont actuellement développées dans la communauté. Les présentes propositions de programme, et l'action de coordination liée à ces propositions, tendent à faciliter les choix et à concentrer les efforts de développement et industriels, tout en tenant compte des réalités existantes.

C'est ainsi qu'on définit un objectif unique pour les "Rapides", au-delà de l'étape actuellement en cours. Il en est de même pour les réacteurs à haute température. Pour l'eau lourde, la Commission propose un programme destiné à permettre, dans les trois ans, les confrontations et choix nécessaires. Pour les réacteurs de type expérimenté, il s'agit essentiellement du resserrement des structures industrielles.

Quoi qu'il en soit, une certaine multiplicité des efforts est inéluctable dans un développement qui s'étale sur plusieurs générations de techniques.

Les centrales nucléaires de type éprouvé ressortissent dès maintenant au domaine des industriels, dont certains sont en mesure de remettre des offres commerciales aux producteurs d'électricité. En dehors des mesures de nature commerciale et industrielle propres à favoriser l'installation des centrales nucléaires de type éprouvé, l'affranchissement futur d'une industrie nucléaire commune de toute tutelle extérieure pour ce type de centrales nécessitera à la fois un important volume de recherches à implications très directement commerciales et une action de soutien des autorités publiques, et pose l'important problème de la sécurité de l'approvisionnement en uranium naturel et de l'usine européenne d'enrichissement isotopique.

Plusieurs réacteurs de type avancé, qui pourraient peut-être prendre la suite des éprouvés, sont actuellement développés avec une participation active de la Communauté. Ils utilisent soit de l'uranium naturel ou faiblement enrichi associé à l'eau lourde, soit de l'uranium enrichi associé aux techniques de gaz à haute température. Ces réacteurs nécessiteront, en ce qui concerne leur installation commerciale éventuelle, le même type de mesures commerciales et industrielles que pour les réacteurs éprouvés et basés essentiellement sur les mêmes critères. Un important volume de recherches, tant de nature commerciale que d'intérêt général, sera cependant encore nécessaire pour améliorer de nombreux points de détail des réacteurs faisant l'objet de toute future offre commerciale. Dans le cas des réacteurs à gaz à haute température, qui semblent proches de leur première maturité commerciale, les actions nécessaires devront tenir compte d'un intérêt industriel important et d'un volume encore nécessaire de recherches à intérêt plus général. La création de structures communes permettra de coordonner les activités existantes et comportera une participation directe de la Commission. D'autre part,

les réacteurs à uranium naturel-eau lourde posent encore le problème d'une sélection qui ne pourrait se faire actuellement sur des critères absolus sans exploiter d'abord les outils déjà construits, ni sans études et recherches encore très vastes, à mener surtout par les pouvoirs publics qui en sont actuellement les principaux promoteurs.

L'intérêt des réacteurs rapides est pratiquement reconnu sur le plan mondial ; leur commercialisation est prévue vers 1980-85. Le développement de ces réacteurs, financé partout dans le monde par les pouvoirs publics et impliquant déjà des intérêts industriels considérables, est poursuivi séparément dans la communauté par la France d'une part, l'Allemagne, la Belgique et les Pays-Bas d'autre part, et enfin par l'Italie. Les recherches poursuivies dans la communauté absorbent d'énormes moyens financiers et humains ; elles ne pourront aboutir à l'étape commerciale affranchie de toute dépendance extra-communautaire qu'à condition que préexiste dans la communauté une industrie suffisamment concentrée, dont la prospérité ait été établie d'abord avec les réacteurs de type éprouvé ou avancé. Le secteur des réacteurs rapides, où plusieurs options industrielles ont déjà été prises dans la communauté, offre un exemple type où des structures appropriées pourraient être mises en place rapidement dans un esprit de concertation communautaire qui n'exclue nullement le respect de la propriété industrielle.

Sur le plan de la recherche, des études de caractère technologique communes à toutes les filières sont groupées dans un objectif unique ; elles portent sur les problèmes de sécurité des installations, sur les méthodes non destructives de mesure de teneurs en matières fissiles et sur le développement de techniques liées à l'exploitation de centrales.

L'objectif Plutonium et Transplutoniens peut être considéré comme essentiellement associé aux "Rapides" : c'est pourquoi il est inclus dans le groupe d'actions relatives au développement des réacteurs ; toutefois, dans l'analyse des effectifs et des crédits, il ne sera imputé à ce groupe que pour 80 %.

a.2) Activités de recherche à moyen terme et d'intérêt général

En dehors du domaine des réacteurs nucléaires et de leurs applications connexes à intérêt commercial à plus ou moins long terme, la recherche nucléaire implique également un vaste domaine de recherches, soit présentant un caractère permanent (par ex. physique de l'état condensé, étude de matériaux, biologie et protection sanitaire, etc.), soit dont l'échéance est à plus long terme (fusion thermo-nucléaire, conversion directe, etc.). Il importe de ne pas négliger ce domaine générateur de nombreuses idées nouvelles et "à retombées technologiques" importantes, où il existe dès maintenant de nombreux courants d'échanges internationaux.

Ce groupe d'activités comprend les objectifs ci-après :

- physique des réacteurs,
- physique de l'état condensé,
- conversion directe,
- matériaux,
- fusion,
- études biologiques et protection sanitaire,
- études technico-économiques.

En outre, le solde de l'objectif Plutonium et Transplutoniens (soit 20 %) est à rattacher à ce secteur.

a.3) Activités de service public

Restent enfin des activités qui revêtent un caractère de service public, c'est-à-dire de nécessité indispensable au développement général et à l'exécution du programme commun lui-même, sans présenter de perspective de rentabilité commerciale directe, même à long terme, ou pouvant comporter, en cas d'utilisation par des organismes de la communauté, des remboursements de frais seulement partiels.

Dans ce secteur sont classées les activités ci-après :

- CETIS (Centre de traitement de l'information scientifique) ;
- Mesures et étalons (travaux du Bureau Central de Mesures Nucléaires) ;
- BR 2 (réacteur d'essais de matériaux avec laboratoires y associés) ;
- HFR (réacteur à haut flux de l'établissement de Petten et technologie associée) ;
- Application industrielle des rayonnements et isotopes ;
- Diffusion des connaissances ;
- Enseignement ;
- Activités de coordination.

b) Durée

La durée des éléments d'un programme peut être définie avec d'autant plus de précision que l'objet de la recherche est lui-même bien délimité. Par contre, si le programme est divisé seulement en grands thèmes, la durée de chacun de ceux-ci atteint et même dépasse souvent la période quinquennale ; il en est ainsi de domaines tels que le développement des diverses filières de réacteurs, la fusion thermo-nucléaire, la radioprotection, les mesures de précision, la diffusion des connaissances, l'enseignement, etc. C'est ce qui a justifié la durée des deux premiers programmes.

Par contre, lorsque les méthodes d'intervention de l'action communautaire dans des secteurs donnés sont sujettes à modification au cours de la période envisagée, il peut paraître plus sage de fixer une durée plus limitée pour ces secteurs, étant entendu que ceci n'entraîne pas l'arrêt à terme des activités en question, mais simplement le passage à d'autres méthodes d'intervention.

Il en est ainsi actuellement en ce qui concerne les filières de réacteurs où l'action de la Communauté s'est exercée jusqu'à présent par contrats d'association, et plus spécialement en matière de réacteurs rapides et de réacteurs à haute température. Il semble qu'un délai d'un an devrait permettre la mise sur pied des structures nouvelles comportant des objectifs communs et mettant en oeuvre les mécanismes destinés à les atteindre, telle que l'entreprise commune. En attendant les résultats de la négociation qui doit définir ces structures, il est suggéré dans ces domaines de limiter à un an la durée de définition du programme.

Pour la propulsion navale, une période d'un an devrait permettre la valorisation des travaux effectués jusqu'à présent et en assurer la diffusion des connaissances.

Dans le secteur des réacteurs à eau lourde, on propose un programme essentiellement d'action directe, composé d'une partie relative aux recherches axées sur les diverses sous-filières, qui est limitée à une période de trois ans, à la fin de laquelle il sera possible de déterminer l'orientation future et la forme de l'action ultérieure ; l'autre partie, qui sera quinquennale, comporte l'exploitation du réacteur ESSOR, utilisable pour les diverses filières à eau lourde.

En matière d'application des radioisotopes, il est suggéré de définir un programme pour deux ans en matière d'action indirecte, tout en prévoyant la continuité quinquennale en matière de personnel.

Dans les autres domaines, on peut par contre considérer que l'action communautaire est justifiée pour la période de cinq ans, étant entendu que des adaptations locales devront être possibles en fonction de l'évolution générale de la technique, sans entraîner pour autant une remise en discussion générale de tous les secteurs ; des formules souples sont indispensables pour des modifications mineures, en raison de la rapidité d'évolution de la recherche.

c) Modalités et moyens

Le programme sera réalisé dans les quatre établissements du Centre Commun de Recherche ou sous forme de participation de la Communauté à des entreprises communes.

En outre, l'action de la Communauté se manifestera, plus que dans le passé, par des tâches de coordination et, dès lors, une fraction relativement plus importante des effectifs sera consacrée à ce mode d'action, qui ne comporte pas d'investissements directs ou indirects.

Dans un souci d'économie, il paraît adéquat de limiter les moyens à prévoir à un montant équivalent à celui du deuxième programme quinquennal. Ceci implique en fait une réduction importante de l'activité de la Communauté, si on tient compte de l'augmentation du coût de la vie.

Mais compte tenu de la nécessité de limiter la durée des programmes d'activités en matière de réacteurs, le volume des moyens demandés n'atteint maintenant que 75 % environ du volume des crédits du deuxième programme quinquennal. Toutefois, la majorité des actions dont la durée est inférieure à cinq ans nécessiteront des crédits supplémentaires pour leur poursuite dans le cadre des structures nouvelles que doit dégager la négociation d'ensemble en faveur de laquelle la Commission s'est prononcée (voir page 2, point c).

C'est ainsi que, pour l'instant, le programme proposé ne comprend que les crédits correspondant à l'activité, pendant une année, du personnel de la Communauté affecté dans ses établissements aux objectifs réacteurs rapides, réacteurs à haute température et réacteurs éprouvés, ainsi que les crédits relatifs au personnel de la Communauté affecté aux travaux des organismes avec lesquels la Communauté avait antérieurement conclu des contrats d'association ou de recherche, mais aucune participation financière directe à ces travaux n'est prévue.

Quant au personnel, il convient d'assurer le maintien de l'effectif à son niveau actuel. Toutefois, il paraît nécessaire de régulariser la situation d'une centaine d'agents qui effectuent depuis longtemps, sous contrat de prestation de services, des travaux de nature permanente et de caractère technique, indispensables à l'établissement d'Ispra. Il est proposé de conférer à ces 100 postes nouveaux le caractère temporaire pour une durée de trois ans. Par ailleurs, une certaine redistribution des effectifs permettra une utilisation plus efficace des investissements existants.

Les activités associées au développement des réacteurs occuperont en moyenne 43,5 % des effectifs. Quant à l'importance relative de leur dotation, elle peut être évaluée à 48,5 % dans l'hypothèse d'un volume global comprenant les crédits estimatifs pour la prolongation des actions jusqu'en 1973.

Les activités de recherche à moyen terme et d'intérêt général occuperont en moyenne 30,5 % des effectifs et les crédits correspondants représentent 32,5 % du volume global comprenant les crédits pour cinq ans de toutes les activités.

Les activités de "service public" occuperont 26 % des effectifs et les crédits correspondants représentent 19 % du volume global comprenant les crédits pour cinq ans de toutes les activités.

Dans le calcul des dotations de chaque objectif, le crédit comprend la quote-part des frais généraux des établissements du Centre Commun de Recherche et les effectifs indiqués sont ceux affectés à l'objectif, tant pour sa réalisation directe que pour les services de soutien scientifique.

C. DETAIL DES OBJECTIFS

- I. Activités associées au développement des réacteurs
- II. Activités de recherche à moyen terme et d'intérêt général
- III. Activités de service public.

I. ACTIVITES ASSOCIEES AU DEVELOPPEMENT DES REACTEURS

I.1. REACTEURS RAPIDES

I.- Introduction

Les Etats Membres sont actuellement engagés en ordre dispersé dans l'effort de mise au point des réacteurs rapides. Cet effort porte surtout sur le refroidissement par sodium, bien que des variantes à refroidissement par vapeur et par gaz soient également étudiées. Des intérêts industriels sont impliqués dans la construction de deux réacteurs prototypes à sodium dits de "première génération", (l'un dans le cadre d'une collaboration germano-belgo-néerlandaise, l'autre à l'initiative des pouvoirs français) et de celle d'un réacteur d'irradiation de combustible (sous l'égide des pouvoirs publics italiens). Par ailleurs, les Etats Membres s'apprêtent à financer trois vastes programmes indépendants de recherche fondamentale et appliquée portant déjà sur la "deuxième génération" de réacteurs rapides à sodium. Ces programmes menés actuellement dans des contextes limités (à caractère essentiellement national) impliqueraient dans la communauté des dépenses totales de l'ordre d'un milliard d'U.C., au cours des cinq années 1968-1973, ce qui est sensiblement supérieur aux dépenses qu'entraîneraient une véritable action commune, sans pour autant en atteindre l'efficacité.

Il est bon de rappeler à ce propos que la Grande-Bretagne compte réaliser de façon autarcique et pour un coût d'environ la moitié de l'effort global de la communauté, les objectifs commerciaux que s'est assignés celle-ci ; ces objectifs minima n'excluent d'ailleurs pas certains risques technologiques et commerciaux inhérents à ce type d'activité.

Les USA ont été les premiers engagés dans la voie des réacteurs rapides, mais ils ont été retardés par des difficultés de nature technique, politique et institutionnelle ; l'intérêt très actif de plusieurs constructeurs et producteurs ainsi que le financement considérable prévu par les autorités publiques pourraient y revitaliser ce secteur dans des délais très courts.

Mentionnons enfin que l'URSS possède actuellement une avance incontestable dans le domaine des réacteurs rapides et que le Japon a décidé de s'y engager avec des moyens financiers importants.

Le domaine des réacteurs rapides (qui inclut notamment celui du retraitement de leur combustible irradié) constitue à l'évidence un domaine prioritaire d'action communautaire. Celle-ci devrait permettre une efficacité maximum de la recherche et inciter les industriels à se regrouper sur une base multinationale. En effet, les réalisations commerciales, dégagées de toute intervention des pouvoirs publics, ne sont prévues que pour 1985 environ. Il est donc possible de concerter d'ici là l'action des gouvernements de la Communauté dans la détermination de tous de dégager, puis d'appliquer à ce domaine une solution vraiment communautaire, limitant au maximum les risques signalés ci-dessus à propos de l'effort britannique.

2.- Objectif d'une action commune

Comme le met déjà en évidence l'introduction précédente, une action communautaire s'impose dans le domaine des réacteurs rapides. Cette action qui doit d'ailleurs tenir compte de l'acquis actuel devrait avoir comme objectif la réalisation dans la communauté d'une seule tête de filière - réacteur précommercial de 600 à 1000 MWe en exploitation avant 1980. L'intervention des pouvoirs publics sera encore déterminante jusqu'à ce stade au moins (notamment pour le financement de la garantie d'exploitation), et les sommes mises en jeu seront telles qu'une

duplication semble inconcevable. C'est vers ce réacteur précommercial unique, dont l'arrivée devrait être aussi rapide que possible, que doivent tendre tous les efforts des prochaines années, au cours desquelles devraient être réalisées les conditions propres à la mise sur pied d'une industrie nucléaire communautaire totalement intégrée.

3.- Bases d'une action communautaire

a) Long terme

Cet objectif étant nettement défini, l'entreprise commune pourrait être un des moyens pour y parvenir. Une telle entreprise devrait, en particulier, être caractérisée par :

- la concertation et l'imbrication des efforts de recherches effectuées dans la Communauté ;
- le regroupement progressif des différentes industries de la communauté intéressées à ce projet et, dans la mesure du possible, la standardisation des composantes des réalisations actuelles.

Les réalisations actuelles n'étant pas remises en cause, cette entreprise devrait, en particulier, bénéficier :

- des résultats essentiels des deux prototypes de 250 MWe environ dans le respect de la propriété industrielle ;
- des travaux et outils développés antérieurement dans le cadre des associations des différents Etats Membres avec Euratom ;
- de l'utilisation en commun de tous les outils d'essai déjà existants ou dont la construction est décidée ;
- de la conception, la réalisation et l'utilisation de tout nouvel engin d'essai ou amélioration d'engin existant.

Sans entrer dans le détail d'une telle entreprise qui résultera d'une négociation d'ensemble, insistons encore sur la nécessité de la permanence de la concertation (coordination, synthèse et recommandations) qui doit grouper l'ensemble des pouvoirs publics et industries des Etats Membres, et de la Commission.

Une telle entreprise commune permettrait la mise en application réelle des modalités de l'accord conclu en 1964 entre l'USAEC d'une part, et Euratom et ses associés d'autre part, sans exclure la possibilité de négociations avec d'autres pays tiers (par exemple, la Grande-Bretagne et le Japon).

Les modalités de financement feront partie intégrante de la négociation d'ensemble déjà évoquée.

La Commission a inscrit, à titre indicatif, un crédit budgétaire de 90 MUC pour la période 1969-1973. Ces 90 MUC se répartissent en 13,3 MUC pour les dépenses propres de la Commission et 76,7 MUC pour sa contribution à des activités indirectes.

b) Court terme

La négociation d'une entreprise commune prendra nécessairement du temps. En attendant son aboutissement, la Commission propose dans l'immédiat :

- de maintenir l'intégralité du potentiel de la communauté ;
- de revitaliser les comités de liaison déjà prévus dans les contrats d'association existants afin d'éviter que se maintienne la dispersion des travaux autonomes actuels ;
- d'ouvrir le plus rapidement possible les négociations sur l'entreprise commune.

C'est dans cet esprit que la Commission a établi pour un an les propositions qui suivent concernant son action directe.

4.- Proposition de la Commission en ce qui concerne son apport immédiat

En plus de l'apport par la Commission des équipements, installations et matières fissiles dont elle est copropriétaire dans les associations existantes et d'une contribution directe qu'elle apporterait aux activités concertées futures (financement et personnel) il convient d'inscrire l'apport immédiat de la Commission par ses équipes des établissements du CCR. Le travail des équipes d'Ispra est esquissé ci-dessous. Celui de l'Institut des Transuraniens (qui pourrait y consacrer 80 % de son activité) est décrit dans une fiche séparée.

Les activités suivantes sont présentées à titre d'exemple, étant entendu qu'elles devraient s'adapter progressivement aux lignes adoptées dans une concertation d'ensemble.

A. Métaux liquides :

- a) mesures de la surchauffe maximale possible des métaux liquides et moyens pour la limiter ;
- b) mesure des temps de vidange des canaux en fonction de la surchauffe initiale, de la géométrie, etc. ;
- c) étude de l'évaporation des métaux liquides par films liquides restant sur les parois après vidange des canaux ;
- d) étude des effets de la convection naturelle (micro- et macroconvection).

B. Physique des réacteurs :

- a) études des sections efficaces et transfert de neutrons : expériences sur ensembles rapides à "géométrie propre" ;
- b) études de réseaux : codes pour le coefficient Doppler - interprétation d'expériences ;
- c) bilan de réactivité et distribution de puissance ;
- d) optimisation de cycle de combustible ;
- e) dynamique du réacteur à accident maximum, par exemple dans un réacteur du type PEC ;
- f) blindage notamment à l'aide du convertisseur EURACOS.

C. Recherches sur les matériaux

- Retraitement des combustibles irradiés par amélioration des phases préparatoires des techniques existantes (procédé pyrométallurgique, décantation et séparation sélective en bain de métaux liquides) ;
- Etudes du comportement sous irradiation de matériaux de structure, notamment de métaux réfractaires et d'aciers ;
- Chimie du sodium, instrumentation dans le sodium, corrosion, transfert de masse, etc.

5.- Moyens nécessaires à la Commission

Les activités proposées ci-dessus mettent en oeuvre un effectif moyen de 70 personnes pour 1969-1973, à Ispra ; en 1969, l'effectif serait de 40 personnes, à Ispra.

En 1969, en plus des 40 personnes d'Ispra il est nécessaire de maintenir l'effectif actuel de 55 personnes au Siège, à Cadarache (association CEA-Euratom) et Karlsruhe (association GfK-Euratom).

Dans l'attente d'une négociation d'ensemble, il est proposé que les activités décrites au paragraphe 4 ci-dessus soient limitées à une période d'un an. Les moyens financiers ne comprennent donc que les crédits correspondants à l'action directe des 95 agents de 1969, soit 1,6 MUC.

L'établissement de Karlsruhe, dont les travaux sont principalement consacrés au plutonium et à son utilisation dans les réacteurs rapides, a participé très intimement aux programmes de la Communauté, les moyens nécessaires à la poursuite de cette action font l'objet d'une fiche séparée.

I - 2 REACTEURS A EAU LOURDE

I. Introduction

Le développement des réacteurs à eau lourde se justifie par les avantages que cette filière présente :

- fournir, en brûlant de l'uranium naturel, ou très légèrement enrichi, un coût du cycle de combustible non seulement bas, mais peu sensible aux variations du prix de l'uranium;
- permettre une utilisation des ressources naturelles voisine de celle des réacteurs rapides tels qu'on les conçoit actuellement et, en tout cas, suffisante pour plusieurs décennies.

De leur situation privilégiée, par rapport à l'approvisionnement, découle pour les réacteurs à eau lourde un autre avantage : celui du marché potentiel pour l'exportation.

Contrairement à une terminologie inappropriée, les réacteurs à eau lourde ne constituent pas une filière "intermédiaire" entre les réacteurs dits "éprouvés" et les réacteurs rapides, mais bien une filière qui peut coexister ou vivre indépendamment de cette dernière.

On peut toutefois remarquer que la voie des réacteurs rapides, pour séduisante qu'elle soit, n'en est qu'à ses débuts et n'apportera une contribution importante à la solution du problème du coût de l'approvisionnement en uranium que bien après 1980. Par contre, la voie qui s'offre dès aujourd'hui, celle des réacteurs à eau lourde, s'appuie sur des réalisations industrielles dont certaines peuvent être considérées comme éprouvées.

Toutefois, la filière à eau lourde présente cette particularité de se prêter à diverses variantes, notamment en fonction du mode de refroidissement :

- a) refroidissement par eau lourde
- b) refroidissement par eau légère
- c) refroidissement par gaz carbonique
- d) refroidissement par liquide organique.

Des efforts importants ont été faits sur ces diverses variantes mais certains travaux de développement sont encore nécessaires pour faire un choix. Il ne paraît cependant pas souhaitable de développer les 4 variantes principales jusqu'au stade de la commercialisation et une concentration basée sur une expérience significative d'exploitation de prototype serait opportune au moins au niveau de la Communauté.

2. Etat des recherches dans le monde et la Communauté.

Au Canada trois variantes sont étudiées :

- variante à tubes de force et réfrigération à l'eau lourde, qui peut être considérée comme industriellement éprouvée (centrales NPD et de Douglas Point). Le programme de construction de centrales de ce type, au Canada ou à l'étranger, qui porte sur 12 réacteurs totalisant 4600MWe (dont 2 réacteurs de 750 MWe à l'étude), implique un effort industriel considérable;
- variante où l'eau lourde du circuit de réfrigération est remplacée par de l'eau légère en ébullition (réacteur de 250 MWe de Gentilly);
- variante réfrigérée à l'organique (réacteur WR. 1 de 40 MWth).

En Suède, on étudie une variante à cuve de pression et réfrigération par l'eau lourde (réacteur d'Agesta 65 MWth); un autre réacteur est en cours de réalisation (Marviken 200 MWe) où l'eau lourde, portée à ébullition dans le coeur, sera envoyée directement à la turbine.

Le réacteur SGHWR, en Angleterre, utilise le même principe, mais le réfrigérant est l'eau légère en ébullition. Le combustible est enrichi à 2 %.

Dans la Communauté, la société Siemens en Allemagne étudie les filières à refroidissement par gaz carbonique et par eau lourde sous pression (réacteur MZFR de 50 MWe), une centrale de ce type a été vendue à l'Argentine.

En Italie le projet Cirene, refroidi par eau légère bouillante, est devenu, depuis 1967, une filière nationale.

En France, la filière à refroidissement par gaz a fait l'objet d'une réalisation (réacteur EL 4); on étudie aussi la filière à refroidissement par eau lourde et à tube de force.

La Belgique participe marginalement à l'étude des réacteurs à eau lourde par le biais du projet anglo-belge VULCAIN.

Finalement EURATOM a développé, sous le nom d'ORGEL, la filière refroidie par liquide organique, à laquelle ont été intéressées les firmes INTERATOM, MONTECATINI-EDISON, GAAA.

3. Motivation d'une action communautaire

Les réacteurs à eau lourde bénéficient d'une large implantation et un effort industriel considérable est effectué à leur sujet, en particulier dans la Communauté où jusqu'à maintenant ils n'ont pas fait l'objet de réalisations importantes. Cependant, si on leur appliquait une politique de soutien identique à celle dont ont joui les réacteurs à eau légère, on pourrait assister à une expansion notable.

Les développements à prévoir pour chaque variante dans les années qui viennent sont les suivants :

- La filière refroidie par eau lourde permet d'entreprendre rapidement la réalisation d'un prototype de grande taille, soit dans la solution à tubes de pression, soit dans la solution pressurisée à cuve en acier.
- La filière refroidie par eau légère pose encore des problèmes, ni le SGHWR ni le Cirene n'ont la taille ou les caractéristiques requises pour étudier ces problèmes.
- L'avenir de la filière refroidie par gaz carbonique est lié à la mise au point d'un combustible qui soit, non seulement neutroniquement acceptable tout en restant bon marché, mais qui permette d'obtenir de hautes températures du réfrigérant (550-600°C).
- En ce qui concerne la filière refroidie par liquide organique, les objectifs qui avaient été assignés au projet ORGEL à son origine ont été atteints; des installations ont été réalisées (ECO, ESSOR),

un vaste programme de recherches et de développement a été poursuivi, à l'occasion duquel une large compétence a été établie, à l'établissement d'Ispra essentiellement, et l'ensemble de la connaissance acquise a été transmis à l'industrie communautaire qui s'y est intéressée par le moyen du "concours prototype ORGEL". L'offre qui est l'aboutissement de ce concours sera remise à la Commission, par le groupement industriel qui y travaille, à la fin de 1968. La Communauté aura donc en mains, à la fin de 1968, des éléments techniques et de coût qui lui permettront de prendre position sur l'opportunité de construire un prototype.

Pour l'ensemble de ces 4 variantes la Commission estime qu'il serait souhaitable, compte tenu du patrimoine technologique déjà accumulé dans la Communauté de poursuivre les études et recherches encore nécessaires pour pouvoir procéder au choix du type le plus intéressant. Une période de l'ordre de 3 ans paraît nécessaire à cette fin. La Commission est prête à mettre à la disposition de ceux qui le souhaitent les compétences et les installations dont elle dispose dans son établissement d'Ispra.

4. Proposition de programme

Il a été adressé à tous les organismes intéressés par le développement des réacteurs à eau lourde un document exposant les travaux que la Commission serait à même de conduire dans ce domaine. L'ensemble de leurs suggestions a été passé en revue à l'occasion d'une réunion générale qui a été tenue à Ispra les 8 et 9 avril 1968. Trois groupes de travail ont été constitués, qui viennent de terminer leurs travaux. Ils avaient mission d'étudier et sélectionner les travaux nécessaires au développement du programme eau lourde en matière de physique des réacteurs (en particulier, programme d'utilisation d'ECO), d'emploi des alliages de zirconium et de l'utilisation du réacteur ESSOR (programme et possibilités d'ajouter des circuits à eau pressurisée).

Cette procédure a permis de dégager les éléments de ce qui pourrait constituer un programme de base communautaire "eau lourde". La

majeure partie des activités sont d'intérêt commun à plusieurs, sinon à toutes les variantes considérées, et permettront des retombées sur d'autres types de réacteurs. Les activités retenues peuvent être classées en une vingtaine de groupes :

- étude d'un combustible à densité élevée,
- essais pré-irradiatoires relatifs au comportement thermohydraulique et thermomécanique d'éléments combustibles et à leurs performances,
- irradiations dans les boucles ESSOR et examens post-irradiatoires d'éléments combustibles, analyse isotopique,
- alliages de zirconium : propriétés et comportement, développement d'alliages spéciaux,
- technologie des canaux : composants de canaux, jonctions, machine de chargement, etc... et essais pré-irradiatoires,
- irradiation de canaux dans ESSOR et examens post-irradiatoires,
- neutronique : expériences dans ECO et mise au point de modèles de calcul,
- calcul de cycles de combustibles (recyclage du Plutonium et cycle du Thorium),
- blindage : mise au point de codes et expériences dans ESSOR,
- moyens de contrôle : barres de sécurité liquides, contrôle de réactivité par empoisonnement du modérateur, barbotage de gaz dans le modérateur,
- chimie de l'eau : études en vue d'éviter l'encrassement et de permettre l'utilisation d'acier ordinaire,
- production d'eau lourde : évaluation et développement éventuel à l'échelle laboratoire de nouveaux procédés de production,
- isolement thermique de caissons en béton,
- instrumentation : niveaumètre pour eau lourde, instrumentation pour analyses chimiques continues, etc...
- essais de composants d'un réacteur intégré dans un caisson en béton et de circuits organiques,

- analyse de contraintes de structures,
- études et essais de comportement dynamique du circuit primaire, des échangeurs et du circuit secondaire d'un réacteur en caisson,
- études relatives à la sécurité : études des méthodes de détection préventive, des conséquences de certains accidents majeurs,
- aciers à haute teneur en chrome : propriétés et comportement à température élevée. Travail des tôles d'acier épaisses.

Une part importante de ces activités sont d'intérêt général :

On y trouve les études des phénomènes de vibrations, "fretting", usure, etc... les études de stabilité hydrodynamique de canaux en parallèle; l'efficacité de séparateurs de vapeurs; le développement de nouveaux alliages de zirconium et la détermination des propriétés mécaniques d'alliages existants; l'étude des jonctions Zr-acier; la mise au point de codes pour calculs de neutronique et de gestion du combustible; la mesure des coefficients de réactivité (température et vide) avec ou sans présence de Pu; études théoriques de recyclage du Pu et du cycle au Th; études de blindage; études de moyens de contrôle; étude du conditionnement de l'eau; étude d'analyses de **contraintes**; application aux caissons en béton et en acier; étude de la vidange accidentelle de circuits; éclatement de canaux; analyse de bruits; étude du relâchement de filtres à iode; étude d'aciers; études d'isolement thermique; étude de nouveaux procédés de préparation d'eau lourde; études d'instrumentation de combustible; irradiation de combustibles en UO_2 à performances poussées; études de lubrifiants solides; études d'usures de couples; mesures de niveaux d'eau lourde.

D'autre sont plus spécifiques d'une variante bien que susceptibles de fournir des retombées importantes pour les autres filières;

- variante BHWR : comportement et performances thermiques et hydrodynamiques de canaux de puissance; comportement dynamique d'une boucle primaire sur maquette et support théorique; irradiation éventuelle dans ESSOR;

- variante CIRENE : irradiation de cellules combustibles dans ESSOR; couplage entre canal et machine de chargement; essais de chargement-déchargement; étude de combustibles à densité plus élevée que l' UO_2 ;
- variante ORGEL : essais hors-pile de canaux; irradiation de cellules combustibles dans ESSOR; essais de composants fonctionnant dans l'organique.

En ce qui concerne l'eau lourde, au cas où une société ou un groupe de sociétés se proposerait de réaliser dans la Communauté une usine de production d'eau lourde, et si le statut d'entreprise commune était demandé, la Commission examinerait cette demande, en vertu des articles 46 à 51 du traité, et la transmettrait au Conseil avec son avis motivé.

5. Moyens

Compte tenu d'une part des travaux et délais nécessaires à une meilleure définition de celle des filières de réacteurs à eau lourde présentant les caractéristiques les plus prometteuses, et d'autre part de la contribution qu'a déjà et que peut y apporter l'établissement d'Ispra, par ses compétences et ses installations spécifiques, il est proposé d'établir, dans les domaines précédemment exposés, un programme de 3 ans.

Quelque soit cette définition, l'outil de premier plan qu'est le réacteur ESSOR devra jouer à partir de 1969, un rôle primordial dans le développement des réacteurs à eau lourde en général. De ce fait, comme de par la nature "à long terme" des essais d'irradiation de composants, il est proposé d'assurer le fonctionnement et l'exploitation du réacteur pendant les 5 ans à venir.

°
° °

Le coût total correspondant est de 56 MUC y compris les dépenses de personnel : 350 agents en moyenne.

I - 3. LES REACTEURS A GAZ A HAUTE TEMPERATURE

Les premiers projets de réacteurs refroidis par gaz à haute température remontent aux années 1956-57. Ces réacteurs utilisent tous du graphite comme modérateur, de l'hélium comme réfrigérant et des particules enrobées comme combustible, ces dernières ayant considérablement contribué au succès de ce type de réacteur.

1. Description sommaire de l'activité sur le plan scientifique, technique et industriel

1.1. Aperçu historique

- le Projet Dragon a pris naissance en 1959 dans le cadre de l'OCDE et la Communauté y participe depuis le début. Le réacteur Dragon (20 MWth) à éléments combustibles prismatiques a atteint la pleine puissance en 1966
- autour du projet de réacteur à boulets AVR (*) (15 MWe), qui a été entamé en Allemagne dès 1959, s'est développé le projet THTR. (**) auquel est associée la Communauté depuis 1963. Le réacteur AVR est monté en puissance et a été raccordé au réseau en décembre 1967. Il a fonctionné régulièrement depuis cette date aux 2/3 de sa puissance.
- le réacteur Peach Bottom (40 MWe) à éléments prismatiques a été construit aux Etats-Unis par General Atomic et a atteint sa pleine puissance en mai 1967.
- des dessins de référence pour des réacteurs de puissance à turbines à vapeur, respectivement à éléments combustibles prismatiques et sphériques, ont été élaborés par Dragon et THTR.

(*) Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor

(**) Thorium Hochtemperatur Reaktor

1.2. Initiatives industrielles

Les initiatives industrielles suivantes ont vu le jour ou sont en cours de réalisation :

- en Grande-Bretagne, pour les centrales de Hartlepool et Heysham, des constructeurs anglais ont remis des offres basées sur les réacteurs à gaz à haute température
- dans la Communauté, les Sociétés Brown Boveri (Mannheim) et Krupp ont conjointement proposé au Ministère fédéral de la Recherche scientifique de construire une centrale à boulets de 300 MWe basée sur les études entreprises dans le cadre de l'Association THTR.

Un groupement de producteurs d'électricité allemand (HKG) a été constitué pour examiner la proposition que BB/K a préparée et le Ministère fédéral étudie actuellement les problèmes techniques, industriels et financiers que pose la réalisation de ce réacteur. La construction de cette centrale est déjà prévue dans le programme nucléaire allemand. Elle sera entamée lorsque les résultats de fonctionnement de la centrale expérimentale AVR, ainsi que les résultats des projets, permettront de prendre une décision à cet effet (861/68 (ATO)42 du 22 mai 1968)

- en Suisse, Brown Boveri (Baden) élabore un projet d'un réacteur à haute température à coeur prismatique
- aux Etats-Unis, Gulf General Atomic, qui s'est engagée à construire une centrale de 330 MWe pour Public Services of Colorado, offre dès maintenant des centrales ayant une puissance de 1000 MWe
- face à cette initiative américaine, différentes entreprises de la Communauté (Belgonucléaire, GHH et SNAM Progetti) et le Consortium le plus important du Royaume-Uni (The Nuclear Power Group) ont décidé de collaborer dans la mise au point et la vente de ce type de réacteur.

Dans la S.A. Inter Nuclear qu'ils ont créée le 1er août 1968 en Belgique, les actionnaires de la Communauté participent à 70 % dans les engagements financiers. Les promoteurs de cette Société se proposent de soumettre rapidement aux producteurs d'électricité de la Communauté des offres pour la construction de premières grandes centrales.

2. Objectifs futurs et nécessité d'une action communautaire

Le développement des réacteurs à gaz à haute température a atteint un stade où l'on peut envisager de passer aux premières réalisations de centrales à cycle à vapeur de grande puissance dans un avenir prochain, en employant des cycles de combustible soit à thorium, soit à uranium faiblement enrichi (de l'ordre de 5 %), dont les coûts totaux de combustibles sont faibles. Cet objectif immédiat revêt, de l'avis de la Commission, une importance primordiale pour le développement de l'industrie nucléaire de la Communauté.

Il faut signaler de plus un potentiel d'améliorations futures importantes :

- l'adoption du cycle direct, dès que des turbines à hélium de grande puissance et les circuits associés auront été mis au point, permettra d'obtenir de meilleurs rendements thermiques et des économies dans les frais d'investissement ;
- la technologie mise au point pour ces réacteurs thermiques pourra être adaptée aux réacteurs rapides refroidis par gaz, si la mise au point de ceux-ci était décidée.

Pour atteindre l'objectif ultime dans le domaine des HTGR, à savoir la réalisation de centrales de l'ordre de 1000 MWe à turbines à hélium (et éventuellement de réacteurs rapides refroidis par gaz), il faut que tous les efforts soient coordonnés pour mener à bien rapidement tous les développements que nécessite encore cette filière pour parvenir à maturité.

Sur le plan industriel, la Commission encouragera et stimulera, dans la mesure du possible, la création d'un seul groupe industriel européen dans le domaine des réacteurs à gaz à haute température.

La participation de la Communauté aux programmes Dragon et THTR a permis jusqu'à présent à tous les industriels de la Communauté d'avoir un égal accès aux connaissances acquises et son intervention a entraîné une collaboration et une coordination efficaces dans la recherche et le développement de la filière à haute température.

3. Description des actions qu'il est proposé d'inclure dans le programme de la Communauté

Le programme proposé ci-après comprend toutes les actions auxquelles, de l'avis de la Commission, la Communauté devrait contribuer pour accélérer l'essor industriel de la filière des réacteurs thermiques à gaz à haute température.

3.1. Soutien à la réalisation rapide de premières grandes centrales à cycle à vapeur

La Commission se propose d'examiner avec les constructeurs et les maîtres d'oeuvre dans quelles conditions pourraient intervenir le financement de la construction et la couverture des risques liés à l'exploitation des premières grandes centrales à cycle à vapeur. Elle attribue une grande importance à ce que ces réalisations se fassent dans le cadre d'une collaboration industrielle multinationale aussi étendue que possible, ainsi que le gouvernement allemand en a déjà, pour sa part, exprimé le désir (861/68 (ATO)42 du 22 mai 1968).

Le soutien à donner aux constructeurs se situe surtout dans le domaine du combustible. Il leur est en effet actuellement difficile de garantir complètement le coût du cycle de combustible, faute d'avoir une expérience statistique suffisante sur le comportement sous irradiation de combustibles analogues à ceux qui peuvent être proposés pour les premières grandes centrales et faute d'expérience complète dans le domaine du retraitement.

En attendant que cette expérience soit pleinement acquise, il est à prévoir que les pouvoirs publics seront sollicités de seconder les constructeurs dans l'octroi des garanties relatives au combustible. C'est pourquoi il est indispensable que la puissance publique continue d'assurer le fonctionnement des réacteurs d'essai de combustible (Dragon et AVR) pour permettre d'accumuler rapidement l'expérience nécessaire, tout en finançant des études sur la fabrication et le comportement sous irradiation du combustible, de manière à évaluer l'ampleur de son intervention en matière de couverture des risques.

Outre les garanties relatives au combustible, les constructeurs inclueront également dans leurs offres des garanties de performances techniques relatives aux équipements. Malgré ces garanties, il n'est pas exclu que les producteurs d'électricité hésitent à passer commande pour une première grande centrale faute de pouvoir évaluer pleinement les risques financiers liés à son exploitation (risques d'arrêts de la centrale dus à des causes imprévues).

A cet égard également, les pouvoirs publics devront peut-être participer à la couverture des risques pour permettre la conclusion des premiers contrats de construction. Au total, de telles interventions devraient être négociées avec toutes les parties intéressées, les institutions communautaires s'y déclarant expressément favorables pour inciter l'industrie à se regrouper

3.2. Amélioration des performances des réacteurs à gaz à haute température à cycle à vapeur et mise au point du cycle direct

3.2.1. Programme d'ensemble

Les avantages de l'adoption du cycle direct seront d'autant plus importants que l'on développera des combustibles capables de retenir les produits de fission à des

températures plus élevées que celles atteintes jusqu'à présent. C'est ainsi que les objectifs de cette action sont axés tant sur le développement de certains composants du circuit primaire (turbines, conduites de gaz, isolement thermique) que sur la fabrication et le retraitement de combustibles avancés. Les progrès qui résulteront de ces études permettront également d'améliorer les performances des centrales à cycle à vapeur.

Les objectifs suivants sont proposés :

- études d'évaluation et développement des composants
- études expérimentales sur les matériaux de structure (isolement thermique, paliers pour machines tournantes,...)
- réacteur Geesthacht-2 (25 MWe) à cycle direct
- banc d'essai pour turbine à hélium
- développement de combustibles avancés
- éventuellement centrale thermique avec turbine à hélium.

L'ampleur des moyens financiers à mettre en oeuvre pour réaliser un tel programme est donnée à titre estimatif au document COM(68)10 (Vol. II) du 6/3/68. Ces propositions de programme correspondent largement à celles qui figurent dans le programme allemand tel qu'il a été communiqué le 22 mai 1968. Le Ministère fédéral de la Recherche scientifique a invité les autres pays membres à réaliser en commun un tel programme.

La Commission propose l'ouverture rapide de négociations avec les gouvernements des pays membres et les industries qui sont intéressés à ces développements, en vue d'aboutir dans un délai aussi rapproché que possible à l'élaboration des formules de coopération industrielle et à la mise en place des structures nécessaires pour financer, coordonner et gérer un programme de base commun et éventuellement pour participer au financement des grandes réalisations industrielles nécessaires pour la mise au point du cycle direct. Ce programme commun regrouperait les différentes initiatives prises ou à prendre dans les pays de la Communauté en vue d'améliorer les performances des réacteurs de puissance à cycle à vapeur et de mettre au point la centrale de 1000 MWe à cycle direct.

Toutes les voies pour parvenir à réaliser ce programme aussi rapidement que possible paraissent bonnes à la Commission à la condition de réaliser la mise sur pied de la coopération européenne recherchée ce qui peut se faire par le moyen d'une entreprise commune.

3.2.2. Programme du Centre commun de Recherches

La Commission propose de poursuivre son activité dans le Centre commun de Recherches dans le domaine des réacteurs à gaz à haute température. Le but de ce programme est d'obtenir une meilleure compréhension des mécanismes déterminant le dépôt des enrobages traditionnels (ou de types nouveaux) et des mécanismes de diffusion des produits de fission dans les noyaux et les enrobages en vue de la mise au point de combustibles avancés. Ceux-ci pourraient trouver des applications intéressantes dans le cycle

direct; l'étude des propriétés physiques des graphites, l'étude technique et économique du retraitement du combustible; le développement d'autres matériaux en vue de leur emploi dans les réacteurs à gaz à haute température.

L'activité du CCR pourrait faire partie de l'apport de la Communauté à l'entreprise commune envisagée ci-dessus pour la réalisation du programme de base commun.

3.2.3. Programme Dragon

La poursuite de l'accord Dragon jusqu'au 31/3/70 a été approuvée par le Conseil en juillet 1968 sur base d'une contribution de la Communauté de 40 % à partir du début 1968 et avec report jusqu'au début de 1969 du versement des montants dus au titre de la prolongation de l'accord. L'UKAEA a fourni des assurances (sous réserve qu'elle décide de continuer l'exploitation du réacteur Dragon après le 31/3/70) concernant :

- le fait qu'elle serait prête à négocier une prolongation ultérieure à des conditions substantiellement les mêmes que celles en vigueur,
- l'accès au réacteur à défaut d'une telle prolongation du projet.

Les travaux prévus dans le cadre de l'accord ont déjà fait l'objet d'une communication au Conseil (Prolongation de l'accord Dragon - R/1032 (ATO 51) du 10 juin 1968).

Afin de favoriser l'exécution des différentes activités prévues dans la Communauté et de permettre aux industriels de la Communauté de conserver l'accès du réacteur Dragon, dans des conditions similaires à celles faites à leurs partenaires du Royaume-Uni notamment, la Commission se prononce d'ores et déjà en faveur d'une prolongation de l'accord Dragon jusqu'au 31/3/73. Des liens de coordination étroits devront être créés entre le Programme Dragon et l'entreprise commune envisagée ci-dessus. A cet égard, la participation à cette entreprise commune de certains pays tiers (auxquels la Communauté est déjà associée par l'accord Dragon), notamment du Royaume-Uni, serait de nature à faciliter l'établissement de liens rationnels de coordination.

4. Moyens nécessaires

La Commission proposant d'entamer rapidement des négociations en vue de définir les programmes et les formules de collaboration (en y ralliant éventuellement certains pays tiers), il lui est impossible de proposer simultanément et unilatéralement un programme pluriannuel assorti de prévisions de dotation.

La Commission estime que les sommes qui devraient être prises en charge par les pouvoirs publics, pour accélérer la maturité des réacteurs thermiques à gaz à haute température à turbines à hélium, sont de l'ordre d'au moins 100 MUC. La Commission envisagerait dans le cadre d'un programme quinquennal une participation d'une trentaine de MUC comprenant notamment l'action directe et la prolongation de l'accord Dragon. Toutefois, ce montant ne pourra être déterminé que dans le cadre des négociations proposées.

En attendant la conclusion de ces négociations, la Commission propose d'affecter en 1969 au programme HTGR:

- un budget de 1.25 Muc pour les établissements du CCR employant 50 agents dont 20 à Ispra et 30 à Petten;
- un budget de 0.25 Muc pour les dépenses relatives au personnel du siège, du personnel détaché au Projet Dragon et du personnel détaché dans les laboratoires et industries de la Communauté, ayant une activité dans le domaine des réacteurs à gaz à haute température (25 agents au total).

Les activités proposées en 1969 mettent donc en oeuvre un effectif total de 75 personnes et nécessitent une dotation totale de 1.5 Muc.

I.4. LES REACTEURS EProuVES A EAU LEGERE

1. APÉRÇU DE LA SITUATION DANS LA COMMUNAUTE.

Il est apparu clairement au cours de ces dernières années que les réacteurs à eau légère prendront une part importante du marché des centrales nucléaires dans la prochaine décennie. Cependant, les structures actuelles de ce marché et de l'industrie nucléaire européenne sont telles que celle-ci est hors d'état de financer les programmes de développement technologique lui permettant de tenir tête, d'une façon honorable, à la concurrence américaine. Cette situation a été mise en évidence dans les trois premiers chapitres du volume I de ce document.

Par ailleurs, il est certain que l'assistance de la Communauté, pendant une période limitée, à un programme de développement constituerait un catalyseur puissant d'une opération de regroupement de l'industrie sur des bases transnationales s'inscrivant dans une politique industrielle d'ensemble. Cependant, les deux éléments de cette politique - regroupement et soutien industriels - doivent s'épauler mutuellement. En effet, la seule intervention de soutien en matière de développement par les pouvoirs publics favoriserait le maintien de la situation actuelle caractérisée par une grande dispersion des moyens et la rendrait, dès lors, inopérante.

Dans ce contexte, la Commission estime que cette action de promotion industrielle doit être financée par un "fonds de développement" dont la constitution fera l'objet d'une proposition ultérieure.

2. ETAT DES TRAVAUX DANS LA COMMUNAUTE

Au cours des dix premières années d'existence de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique, la Commission aura consacré un montant total de 32 MUC au développement des réacteurs à eau légère (dont 28 sous forme de contrats de recherche dans le cadre de l'Accord Euratom/Etats-Unis).

De leur côté, les pays membres, en particulier l'Allemagne, la Belgique et les Pays-Bas, ont engagé au cours de ces dernières années, des crédits importants dans ce secteur au titre de leurs programmes nationaux, très supérieurs aux crédits mis à la disposition de la Communauté.

Par contre, sur la base des informations disponibles, on peut considérer que les gouvernements français, et italien n'ont consacré que des crédits très limités, sinon nuls, à cette action.

3. PROPOSITIONS D'ACTION

Au cours de ces dernières années, le Centre Commun de Recherche - essentiellement l'établissement d'Ispra - a apporté une contribution appréciée par l'industrie dans quelques domaines spécifiques de développement des réacteurs à eau légère. Celle-ci concernait l'exploitation d'une boucle à eau de grande puissance dans le cadre d'un programme de coopération industrielle visant à développer un combustible de performances très poussées (VORTEX) conçu pour une variante européenne de réacteur à eau bouillante de haute densité de puissance.

Par ailleurs, plusieurs codes de calcul nucléaires ont été mis au point, avec le concours de spécialistes du C.C.R., puis utilisés dans plusieurs recherches relatives, notamment, au recyclage du plutonium et à l'évaluation des performances de centrales de puissance.

Ces équipements et compétences présentent toujours le même intérêt pour l'industrie qui souhaite renforcer la coopération avec le C.C.R. De plus, ils constituent des éléments importants pour la poursuite de travaux originaux qui ont été entrepris antérieurement sous l'égide de la Communauté.

A ce titre, il est proposé de maintenir l'exploitation de la boucle à eau d'Ispra pour l'étude détaillée des propriétés de transfert thermique ainsi que du mécanisme de caléfaction du système à double phase en régime tourbillonnaire. Ces travaux présentent un intérêt considérable pour le développement du combustible VORTEX car ils permettront à l'industrie en charge du projet d'optimiser les performances thermo-hydrauliques du réacteur à eau bouillante de haute densité de puissance. Ils porteront, notamment, sur l'étude de la variation des principaux paramètres tels que la pression, le débit, le degré de sous-refroidissement, la qualité de vapeur en fonction de la géométrie du canal, du pas des vrilles, etc.

Parallèlement, la mise au point de codes de calcul améliorés et plus rapides sera poursuivie.

Ces travaux, mettant en oeuvre des moyens très modestes, concerneront notamment le développement de codes de calcul relatifs aux réseaux uranium légèrement enrichi ainsi qu'aux réseaux mixtes uranium-plutonium.

4. MOYENS NECESSAIRES

Les activités proposées devraient mettre en oeuvre en moyenne sur 5 ans 10 agents de l'établissement d'Ispra. En attendant la définition du mode de collaboration communautaire pour le proche avenir, il est proposé de limiter le programme ci-dessus à une période d'un an avec un effectif actuellement en place d'une trentaine d'agents.

La dotation correspondante s'élève à 0,75 MUC.

*
* *

I.5. PROBLEMES TECHNOLOGIQUES DIRECTEMENT LIES AU DEVELOPPEMENT DES REACTEURS

1. GENERALITES

A côté des études et recherches propres au développement d'une filière déterminée, il existe certaines recherches d'intérêt général. Il s'agit de trois grands secteurs :

- la physique des réacteurs : optimisation du concept de réacteur ;
- les matériaux : élaboration et comportement de nouveaux matériaux ;
- les problèmes technologiques : mise en oeuvre des matériaux et comportement des structures.

Si la physique des réacteurs fait usage avant tout de codes de calcul et d'expériences exponentielles et critiques, l'étude des matériaux fait appel aux laboratoires de chimie et métallurgie physique ; ces objectifs seront traités dans le chapitre II, Activités d'intérêt général. Par contre, les problèmes technologiques relèvent davantage de la mécanique, la thermodynamique et l'électronique. Ces travaux revêtent un caractère d'utilité publique, mais vu leur liaison directe avec le développement de l'ensemble des filières, il a paru préférable de les placer dans cette première partie.

L'objectif considéré ci-après ne couvre que les quelques aspects du domaine pour lesquels la Commission considère que son action est réellement complémentaire de celle des Etats membres. La coordination est particulièrement importante dans ce secteur (cf. chapitre III.8 "Coordination", point 2.5) et l'orientation des travaux qu'il est envisagé d'effectuer dans les établissements du Centre Commun de Recherche sera éventuellement modulée en fonction du développement des programmes nationaux.

2. SECURITE DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES

2.1. Introduction

Dans le cadre du développement de la technologie des réacteurs et des installations nucléaires, un programme expérimental sur la sécurité s'impose à la fois par l'importance des considérations de sécurité dans le dessin, la construction et le fonctionnement de ces installations, et par la nécessité d'un effort coordonné face au besoin croissant d'informations à ce sujet.

2.2. Etat des recherches dans le monde et la communauté

- Aux USA : le programme expérimental financé par l'AEC (exécuté par les laboratoires nationaux, les industries privées et les Universités) a coûté 38,4 MUC en 1967 (soit 8,3 % des engagements AEC prévus pour la recherche et le développement sur les réacteurs).
- En Angleterre, l'"UKAEA Safeguards Division" développe un programme d'études théoriques et expérimentales.
- Dans la communauté : en France, l'activité est menée surtout dans les Centres de Grenoble et Cadarache (réacteur CABRI) et en partie par contrats ; en Allemagne occidentale, le "Bundesministerium" a prévu en 1967 un programme de recherche s'étendant sur 1 à 5 ans pour un total d'environ 4 MUC. Sujets principaux : problèmes relatifs aux cuves et composants, rétention des produits de fission et dynamique des réacteurs.

2.3. Motivation d'une action communautaire

Les études accomplies par le CCR (éjection de réfrigérants, évaluation d'accidents et études de base sur l'ébullition des liquides et sur le comportement des matériaux soumis à des sollicitations rapides) ouvrent la possibilité de contribuer à

l'avancement des connaissances dans le domaine de la sécurité des installations nucléaires.

Le programme proposé s'inspire d'une vue d'ensemble des problèmes de fonctionnement anormal des réacteurs : les équipes et laboratoires d'Ispra ont la compétence et l'équipement nécessaires pour l'exécuter.

2.4. Proposition de programme

L'accent sera mis sur les activités dont la complémentarité et l'originalité seront les plus marquées. On choisira des sujets pour lesquels le potentiel humain et matériel constitué à frais communs paraît bien adapté aux travaux dont le caractère général est d'intérêt pour l'ensemble des filières.

- Phénomènes de relâchement rapide d'énergie et transformation en impulsions de pression (réactions par contact direct à haute température et production de chocs ; éjection et écoulement biphasés non-stationnaires ; phénomènes de combustion et d'explosion dans les aérosols formés par des réfrigérants de réacteur).
- Etudes de matériaux et de structures soumis à des impulsions de pression (propagation d'ondes de pression dans les systèmes mono- et biphasés avec diverses géométries ; propriétés mécaniques des matériaux soumis à des sollicitations dynamiques ; corrélation entre déformation et fracture d'une grande structure et les données obtenues sur éprouvette ; théorie des modèles aptes à représenter les accidents nucléaires sur maquette).
- Aspects neutroniques et physiques de la sécurité (masses critiques, dynamique des accidents ; propagation des produits de fission).

3. METHODES NON DESTRUCTIVES DE DETERMINATION DE LA TENEUR EN MATIERES FISSILES

3.1. Introduction

La multiplication et la diversification des installations faisant usage de matières fissiles pose le problème de la recherche de méthodes plus efficaces et plus économiques pour effectuer des mesures non destructives des teneurs en matières fissiles en divers points du cycle de combustible.

Ces mesures sont indispensables pour assurer l'optimisation de l'utilisation du combustible : elles interviennent naturellement dans tout processus de contrôle quel qu'en soit le but.

3.2. Etat des recherches dans le monde et la communauté

- Aux Etats-Unis, l'AEC a notablement augmenté le volume des recherches dans ce secteur : 1,2 MUC en 1967, contre 0,095 pour l'Agence de Vienne de l'IAEA.
- Dans la communauté, des travaux orientés vers le développement d'un système intégré de contrôle de la circulation des matières fissiles ont été lancés en 1967 par la GfK.

3.3. Motivation d'une action communautaire

La notion de marché commun nucléaire engendre une circulation de plus en plus intense de matières fissiles entre les pays de la communauté ; en outre, les quantités de matières fissiles employées augmentent considérablement avec l'apparition des centrales de puissance. Il devient donc indispensable de mettre au point des méthodes économiques de mesure.

Certaines compétences générales acquises par les établissements du CCR à l'occasion de recherches diverses pourraient aider au développement de techniques de mesure devant permettre la détection rapide de pertes anormales.

3.4. Proposition de programme

Original et de grand intérêt pour la communauté, le programme de recherche en cours à la GfK devrait être mené en commun. Il est axé sur deux domaines principaux :

- Etudes des systèmes (analyse et évaluation des différentes étapes du cycle de combustible nucléaire ; formules d'application des méthodes scientifiques au contrôle des matières fissiles, traitement des données obtenues).
- Etudes techniques (développement des méthodes de mesure et évaluation de leur applicabilité et de leur "fiabilité" au domaine du contrôle).

En fonction des résultats obtenus sera examinée l'opportunité de la conception d'une unité mobile prototype.

4. DEVELOPPEMENT DE TECHNIQUES LIEES A L'EXPLOITATION DE CENTRALES

Il s'agit d'un prolongement d'activités de la Commission en matière de soutien aux exploitants de centrales nucléaires afin de pallier certaines des faiblesses mises en évidence lors des échanges d'expériences avec les producteurs d'électricité.

Ces techniques sélectionnées pour l'intérêt qu'elles présentent pour la communauté font appel aux compétences et équipements du CCR et doivent être élaborées en collaboration avec les exploitants et les services du siège (y compris le personnel détaché auprès des centrales). Les frais concernant le concours du personnel des exploitants seraient supportés par ceux-ci.

- Instrumentation de mesure à l'intérieur du coeur du réacteur

Cette instrumentation est destinée à améliorer les conditions de fonctionnement des réacteurs par une meilleure connaissance, au niveau de l'exploitation, des paramètres de fonctionnement. Elle

concerne plus spécialement des dispositifs de mesure locale de flux, des détecteurs de bruit, des systèmes de mesure de vitesse, de titration de vapeur qui doivent pouvoir fonctionner "in situ".

- Etude du comportement vibratoire de certains équipements de centrales

De nombreux incidents dus à des vibrations se sont produits tant dans les réacteurs d'essais que dans les prototypes et les premières centrales de puissance. Le risque de tels incidents ne peut pas être entièrement évité par un meilleur "engineering" initial. Une instrumentation de surveillance est nécessaire, adaptée aux conditions existantes dans les réacteurs et expérimentée sur place.

- Comportement physico-chimique des fluides primaires

C'est le comportement à long terme des fluides primaires qui intéresse plus particulièrement les exploitants. Le but est d'arriver à une meilleure compréhension des phénomènes à la base de l'érosion et de la formation de dépôts pour s'en assurer le contrôle à tout moment de la vie de la centrale.

- Dispositifs d'inspection et d'intervention dans les zones radioactives de centrales nucléaires

Les contrôles des structures des centrales et des cuves, et l'intervention en cas d'avaries ou d'accidents, nécessitent la mise en oeuvre de techniques très particulières. Ces techniques, avant tout utiles aux exploitants, n'existent qu'à l'état embryonnaire. Développées, elles permettraient d'appréciables économies en réduisant les temps d'arrêt des centrales et en augmentant leur sécurité de fonctionnement.

5. MOYENS

Il est prévu d'affecter à l'ensemble de ces recherches un effectif moyen de 100 agents du CCR ; la dotation correspondante est de 14 MUC.

I.6. PLUTONIUM ET TRANSPLUTONIENS

1. INTRODUCTION

L'Institut des Transuraniens, dont les travaux sur le plutonium ont commencé à la fin de 1965, a déjà effectivement aidé certains organismes nationaux à développer l'emploi de cet élément comme combustible nucléaire. Cette contribution a revêtu des formes très diverses qui vont du simple échange d'informations à des prestations en nature.

Afin de susciter une discussion des résultats acquis et de permettre une critique de l'orientation ou de l'exécution de son programme, l'Institut des Transuraniens a publié tous les six mois, sous forme de "communication", un rapport d'activité qui a été distribué dans la Communauté à ceux qui sont engagés dans le domaine du plutonium. L'intérêt de ses partenaires s'est traduit par des contacts et des réunions, où les problèmes techniques d'intérêt commun ont été discutés.

Cela étant, il convient de souligner que depuis le début du deuxième programme quinquennal le plutonium est entré dans le domaine industriel. Il est devenu moins rare; si son prix reste encore élevé, ce n'est plus pour longtemps. Des laboratoires nationaux ou privés se sont développés, qui ont acquis une compétence dans le domaine de la production des éléments combustibles au plutonium. Ce développement industriel pose, sur le plan national ou international, des problèmes de concurrence et de propriété industrielle qui peuvent éventuellement limiter les échanges d'information ou entraver la collaboration de certains organismes nationaux ou privés avec l'Institut.

Au vu de cette situation et des contacts déjà établis, il paraît utile de disposer d'un cadre de travail - groupe de liaison ou conseil de gestion - dans lequel on puisse orienter annuellement la politique de recherche avec des représentants qualifiés des pays membres.

2. ETAT DES RECHERCHES

2.1. Recherches pour les réacteurs rapides

L'intérêt que l'on porte aux réacteurs rapides reste appuyé principalement sur un taux de conversion supérieur à l'unité et la condition essentielle à remplir reste celle de la rentabilité. Ces deux éléments conditionnent la forme générale actuelle des travaux sur les réacteurs rapides.

Ceci dit, un troisième fait détermine la situation présente en matière de combustible : les oxydes mixtes - UO_2 - PuO_2 sont suffisamment bien connus pour pouvoir servir de base aux travaux des projets.

Il en résulte que les efforts de recherche actuels visent à tirer du combustible oxyde le maximum de ce qu'il peut fournir de façon à satisfaire le critère de rentabilité. On est ainsi amené à des problèmes de tenue à l'irradiation nettement plus difficiles que pour les éléments combustibles des réacteurs thermiques, compte tenu en particulier des nombreux paramètres en cause.

A long terme le besoin se fait sentir d'améliorer le taux de régénération et de faire appel à d'autres combustibles, tels que les carbures, nitrures etc... On voit ainsi apparaître en seconde urgence dans tous les programmes rapides des études sur les composés (U-Pu), (C,N) et leur tenue à l'irradiation, combustibles qui conduisent à des taux de régénération plus favorables que l'oxyde.

2.2. Recherches pour les réacteurs thermiques

La production et la consommation du plutonium dans les réacteurs thermiques à l'uranium sont des données importantes dont la connaissance doit en permettre l'optimisation et constitue un préalable au recyclage éventuel du plutonium dans les centrales à neutrons thermiques.

Par ailleurs, le plutonium des réacteurs thermiques constituant la source initiale de matière fissile pour les réacteurs rapides, une bonne connaissance de sa formation est essentielle pour établir une stratégie de développement des centrales rapides.

On peut dire que ces connaissances ont été acquises dans les réacteurs graphite-gaz mais la situation est différente dans des réacteurs où le spectre varie localement de façon considérable et où le taux de combustion atteint des valeurs élevées, tels que les réacteurs à eau légère par exemple.

Le coût des analyses, chimiques et isotopiques nécessaires, dû essentiellement au volume des investissements auxquels il faut consentir avant de pouvoir les réaliser, explique en partie leur rareté.

En ce qui concerne les combustibles au plutonium pour réacteurs thermiques, le vrai problème est celui d'une fabrication économique qu'il appartient aux industriels de résoudre, car on dispose, dans le domaine des faibles enrichissements, de toutes les connaissances de base nécessaires à une production de masse.

2.3. Activités antérieures de l'Institut

L'Institut a commencé ses premiers travaux sur le plutonium au début de 1965. On peut trouver des informations détaillées sur les résultats obtenus dans les rapports semestriels déjà publiés (Communications Euratom N° 1580 - 1522 - 1745 - 2007). Dans ces rapports on a divisé les travaux sur le plutonium en deux catégories : les études fondamentales d'une part, les développements et les études de base d'autre part. Par étude de base on entend une étude qui vise à comprendre un mécanisme ou un processus d'utilité technique évidente.

3. PROGRAMME FUTUR DE L'INSTITUT

Les combustibles irradiés constituent la partie la plus urgente des recherches concernant le plutonium. C'est en effet, le domaine où les observations sont les moins nombreuses et les plus nécessaires.

Le programme combustible irradié se divise en trois parties ; irradiations, examens de matériaux irradiés, analyses chimiques et isotopiques de combustible irradié ; les deux premières parties concernent les réacteurs rapides - les analyses concernent au contraire principalement les réacteurs thermiques dans le futur immédiat et les deux types de réacteur ultérieurement.

Le programme d'études fondamentales des matériaux combustibles correspond par contre à un niveau de connaissance déjà nettement plus élevé ; il concerne aussi bien les combustibles des réacteurs thermiques que ceux des réacteurs rapides.

3.1. Combustibles irradiés

3.1.1. Irradiations

Elles comportent des essais instrumentés qui permettent d'étudier plus spécialement certains paramètres caractérisant le combustible, la gaine ou l'irradiation (exemple : dispositif POM, Communications N° 1745 et N° 2007). Ces essais ne peuvent jusqu'à présent se faire qu'en réacteur thermique, aucun réacteur rapide ne se prêtant encore à de telles irradiations.

Elles comporteront également des essais non instrumentés qui concernent en général un petit nombre d'aiguilles combustibles fabriquées de façon à faire varier un ou plusieurs des paramètres qui les caractérisent. Ces essais ont lieu en réacteur rapide d'où une assez faible latitude sur les conditions d'irradiation.

Ces essais se distinguent nettement de ceux qui sont nécessaires aux projets puisqu'il s'agit d'analyser le rôle des différents paramètres et non de faire l'épreuve complète d'un élément combustible déterminé.

A noter que le nombre de paramètres -géométriques, thermiques, neutroniques, matériaux - est tel que l'on ne doit pas craindre des duplications inutiles entre laboratoires. Au contraire, les conditions d'irradiations sont encore suffisamment imprécises pour rendre souhaitables des recoupements entre expériences similaires.

3.1.2. Examens des matériaux irradiés

3.1.2.1. Combustibles

Il s'agit, en premier lieu, des combustibles "oxyde" dont l'emploi au-delà de 50.000 MWj/t pose encore des problèmes notamment en ce qui concerne la localisation, l'accumulation et la migration de certains produits de fission, les mouvements du combustible dûs à des transports en phase vapeur ou sous forme de composés volatils et sa plasticité en fonction de la température.

Il s'agit ensuite des carbures dont les principaux problèmes restent de bien connaître les conditions de gonflement et les conditions de compatibilité, par des essais d'irradiations en réacteur thermique.

Les autres problèmes ne devront être considérés que dans la mesure où les avantages neutroniques et thermiques de la solution carbures seront affirmés par les physiciens et les chefs de projet.

Enfin la connaissance des propriétés des composés : nitrures, carbonitrures, etc... sous irradiation n'est pas encore débroussaillée : elle peut l'être par des essais en réacteur thermique. Si certains présentaient des qualités exceptionnelles, il conviendrait alors d'évaluer par des calculs et expériences plus précis le taux de conversion auquel ils conduisent avant de s'engager plus avant.

3.1.2.2. Gâines

Les travaux sur les matériaux de gainage pour rapides sont entrepris en accord avec les projets.

L'Institut n'est pas équipé pour des essais mécaniques mais il est prévu de consacrer un effort notable aux examens au microscope optique ou électronique et à la microsonde.

3.1.3. Analyse des combustibles irradiés

Les études concernent le développement des techniques d'analyse : méthodes destructives et méthodes non destructives.

Il importe de pouvoir accroître le nombre des analyses tout en conservant leur précision. C'est moins une question de méthode que d'effectif et d'équipement. Une automatisation plus poussée permettrait certainement d'accroître la précision et le nombre des analyses (spectrométrie, γ , ou éventuellement comptage de neutrons de fission spontanée ou induite). Elles n'ont un sens que si elles sont préparées du côté physique des réacteurs avec un soin particulier; de même pour leur interprétation. A ce sujet, une collaboration avec les exploitants de réacteurs intéressés, le groupe physique des réacteurs d'Ispra et celui qui fait les mesures, doit être réalisée.

./.

Un problème important du côté des exploitants de réacteurs est de couvrir les frais supplémentaires d'exploitation causés par ces analyses.

En ce qui concerne les réacteurs rapides la nécessité de mieux connaître le taux de combustion et le bilan des matières fissiles se fait sentir progressivement. En principe, il s'agit du même travail que pour les réacteurs thermiques. Il faut cependant signaler que des incertitudes assez importantes existent encore sur les rendements de fission pour des neutrons dont l'énergie correspond au spectre des réacteurs rapides.

Une amélioration de ces données nucléaires paraît indispensable à court terme.

3.2. Etudes fondamentales sur les combustibles

Les études fondamentales proposées dans le futur font suite à celles qui ont été entreprises jusqu'à présent : thermodynamique, conductivité thermique, absorption optique, notamment pour les combinaisons U-Pu-O.

Le travail sur les oxydes est lointain d'être terminé. Justifié par l'intérêt exceptionnel des oxydes pour les réacteurs rapides ou thermiques, il se poursuivra donc en profondeur.

Le travail sur les carbures, nitrures, oxycarbures, etc... sera entamé avec un poids plus ou moins grand selon les résultats que donneront les essais d'irradiation et en liaison avec d'autres laboratoires.

3.3. Développements

En ce qui concerne les procédés de fabrication, dans le domaine des oxydes on peut dire que le rôle de l'Institut touche à sa fin. Il n'en va pas de même pour les carbures et encore

moins pour les nitrures, car les procédés mis au point pour l'uranium présentent des difficultés lorsque l'on passe au plutonium dont certaines sont liées aux propriétés chimiques ou physiques des combinaisons et d'autres, d'un caractère technologique, au prix élevé ou à la toxicité du matériau mis en oeuvre.

Par ailleurs, en ce qui concerne le Plutonium-238 (période 86 ans) dont l'emploi en quantité notable a déjà été envisagée en Europe par différents laboratoires. Deux problèmes se posent encore : on ignore d'une part l'importance des conditions de sécurité que pose la manipulation prolongée de masses notables (± 100 g). D'autre part l'irradiation α intense subie par les matériaux qui le contiennent pose probablement des problèmes technologiques sérieux.

L'Institut est par ses compétences et son équipement bien adapté à l'étude de ces problèmes sous leur aspect technologique.

3.4. Actinides peu abondants

Avant la création de l'Institut, EURATOM a contribué à favoriser certaines études des propriétés chimiques de ces éléments à l'aide de contrats.

Puis l'Institut a consacré une faible partie de son activité aux études sur les solides. Le travail accompli a porté essentiellement sur l'irradiation de capsules d'américium, sur le retraitement et la purification des produits obtenus.

L'Institut des Transuraniens est maintenant bien équipé et dispose de personnel entraîné à la manipulation de quantités importantes d'émetteurs α intenses. Le fait d'étudier les actinides rares peut apporter quelques complications dans l'équipement actuel en raison du nombre élevé de neutrons émis par certains isotopes, ou de leur rayonnement γ relativement intense. Ces complications n'exigent cependant pas de changements importants dans la structure du laboratoire et une étude détaillée qui

a été faite permet d'affirmer que les adaptations nécessaires sont peu coûteuses.

Les éléments dont l'étude est envisageable sont l'actinium, le protactinium, le neptunium, l'américium, etc..., c'est-à-dire les actinides dont l'abondance est faible. L'Institut étant orienté vers des recherches appliquées, le poids des études sur ces actinides peu abondants devrait porter sur ceux d'entre eux qui apparaissent devoir exister plus tard en quantités notables : neptunium, américium, curium. Cela dit, il ne faudrait pas négliger l'intérêt d'isotopes tels que le Protactinium-231 et l'Actinium-227 pour les recherches fondamentales et il ne serait pas déraisonnable de disposer de quantités de l'ordre du gramme de ces derniers éléments dans un institut européen des actinides.

Un programme dans ces directions a été préparé. Cependant, il n'est actuellement pas envisagé de le lancer avant d'en avoir le cas échéant, discuté. Il exigerait en tous cas des crédits spéciaux et un effectif supplémentaire appliqué.

Les présentes propositions se limitent à la poursuite de quelques travaux antérieurs.

4. MOYENS

L'effectif, actuellement 221 postes autorisés, devrait passer à 240 en moyenne. Ceci permet essentiellement d'assurer un meilleur équilibre entre catégories et non le plein emploi des installations plutonium ou le lancement d'un programme actinides d'une certaine envergure.

Une quinzaine de stagiaires pourraient utilement être reçus.

Les dépenses pour 5 ans devraient être de l'ordre de 33,9 MUC.

+

+ +

II. Activités de recherche à moyen terme et d'intérêt général

II - 1. PHYSIQUE DES REACTEURS

1. Introduction

La physique des réacteurs a pour but l'élaboration et la mise en oeuvre des techniques nécessaires au calcul et à l'exploitation des réacteurs nucléaires. La complexité des modèles physiques de calcul permise par les nouveaux ordinateurs et les données nucléaires obtenues par l'usage des plus récents accélérateurs rendent ces techniques de moins en moins dépendantes d'un type de réacteur particulier. D'autre part, la précision accrue demandée aux méthodes oblige à recourir à des séries d'expériences dites "intégrales" permettant de préciser les modèles et d'ajuster certaines des données nucléaires.

Sous peine de devenir académique, un programme de physique des réacteurs établi sur ces bases doit répondre aux besoins des exploitants de centrale (mise à disposition des moyens de connaître l'histoire détaillée de l'irradiation de chaque élément de combustible et optimisation continue de la conduite de la centrale aux conditions réelles de marche) et des fabricants d'éléments de combustible (fourniture des moyens d'incorporer les derniers progrès de la technologie et prévision des effets).

2. Etat des recherches dans le monde et la Communauté

- En ce qui concerne les sections efficaces et le transport des neutrons, des mesures "intégrales" permettant de déterminer des sections effectives dans des spectres particuliers ont été effectuées en Angleterre dans les réacteurs Hector et Dimple.
- Toujours en Angleterre, un effort notable sur les méthodes de calcul a été fait (Code WIMS) ainsi qu'aux USA (par Hellens et ses collaborateurs), pour mettre au point des codes de validité générale pour les études de réseau.

- Dans le domaine des bilans de réactivité, l'effort porte sur les techniques numériques permettant de raffiner le modèle et de traiter de gros réacteurs. Les pays à l'avant-garde (USA, Angleterre) tendent à publier seulement les codes dépassés et moins puissants.
- En ce qui concerne les cycles de combustible, on mentionnera : pour les réacteurs HTGR les études de General Atomic et ORNL, les études DRAGON, celles de BBK et de Jülich ; pour les réacteurs à eau lourde celles de Siemens, du CNEN et du CISE, celles faite à Winfrith et à Risley et celles réalisées par le CEA ; pour les réacteurs rapides les études de Belgonucléaire, Interatom, etc.
- De nombreux codes de calcul ont été établis pour l'étude dynamique des réacteurs . le code Wigle pour l'étude de la dynamique spatiale (Westinghouse) dont seule une version simple est disponible en Europe , les codes STAB et STABLE pour les réacteurs graphite-gaz et le code SPLOSH pour les SGHWR (Grande-Bretagne) ; les codes FOX (Italie) et XENON (Canada) concernant l'évolution du xénon ; des études détaillées sur les phénomènes thermo-hydrauliques d'un canal à réfrigérant bouillant (Norvège), etc.
- Enfin, divers groupes sont engagés sur des études de blindage à Fontenay, Harwell, Geesthacht et Oak Ridge.

3. Motivation d'une action communautaire

Cette action peut se justifier dans les différents domaines de la façon suivante :

- Un travail théorique important est en cours à Ispra depuis des années dans le domaine d'étude des phénomènes de transport et de leur interprétation physique, ainsi que dans celui de l'analyse des réacteurs à l'aide des méthodes statistiques (Monte-Carlo) ; d'autre part, en ce qui concerne les recherches expérimentales, le centre d'Ispra est bien adapté aux mesures "intégrales", celui de Geel l'étant en matière

de mesures "différentielles". En complément des installations existantes (par exemple EURACOS), on propose l'installation de l'ensemble critique MINIMAJOR.

- Ce même ensemble critique serait utilisable pour les études de réseaux, domaine dans lequel le centre d'Ispra possède une longue expérience. Dans ce même domaine il existe aussi à Ispra une activité de mise au point de méthodes de calcul avancées (codes PETARD, PINOCCHIO).
- Le centre d'Ispra a joué dans les années passées un certain rôle de coordinateur en collaborant avec l'industrie européenne pour la mise au point de codes de calcul des bilans de réactivité et de distribution de puissance.
- Les résultats dérivés de l'étude du cycle au thorium ont suscité l'intérêt et les demandes de collaboration de la part de différentes sociétés (Siemens, BBR) ou centres de recherche (CNEA, projet DRAGON) ; de même, le code COSTANZA écrit à Ispra pour les études de dynamique a suscité lui aussi un certain intérêt, ainsi que les codes MAC-RAD, SABINE, BIGGI mis au point pour les problèmes de blindage et qui sont d'un emploi courant dans l'industrie (AEG, BEK, FIAT, GAAA).

4. Proposition de programme

Ce programme, de nature générale, peut être exécuté quelles que soient les filières de réacteurs au développement desquelles le CCR participera (les études spécifiques sont incluses dans le programme de développement de chaque filière).

4.1. Sections efficaces et transport des neutrons

Il s'agit de l'étude des phénomènes fondamentaux du transport (neutrons pulsés et ondes neutroniques), du développement des méthodes J_N et des transformées intégrales (calcul des petits assemblages, expériences pulsées, blindage), du développement du code Monte-Carlo (mis au point à Ispra), de l'adaptation et du développement de codes

(introduction de données nucléaires), de l'élaboration de modèles de diffusion (calcul des spectres neutroniques), de l'étude des paramètres de résonance, de la détermination du rapport capture-fission, de la mesure de l'effet Doppler.

4.2. Etudes de réseaux

Le calcul d'un coeur de réacteur se base sur la connaissance des propriétés neutroniques de ses structures. Les travaux suivants sont prévus : mesure des coefficients de température des combustibles U et U-Pu (ECO et RB 1) pour études des modèles de thermalisation et de l'effet Doppler de l'U-238, mesure des réseaux à combustibles plutoni-fères (MINIMAJOR), analyse et études des propriétés neutroniques de combustibles irradiés (ISPRA I), étude des paramètres des réseaux au thorium (ECO), élaboration de codes correspondants.

4.3. Bilans de réactivité et distribution des puissances

Ces études ont pour but l'évaluation des conditions de criticité du réacteur ainsi que la détermination des taux de fission, donc de la distribution des puissances dans les différents canaux. études ou amélioration de codes à deux et trois dimensions, mesures dans ECO, etc.

4.4. Cycle de combustible

L'étude de l'évolution du combustible, de son rendement énergétique et de son utilisation optimale sont des problèmes importants pour les réacteurs de puissance. Il convient de distinguer deux aspects : la gestion du combustible dans un réacteur spécifique et l'optimisation de l'élément combustible. On prévoit le développement de codes à deux ou trois dimensions, l'amélioration de codes pour le calcul du cycle d'équilibre, l'étude des conditions optimales pour cycles à charge et décharge continues et pour cycles complexes, la mise au point de méthodes précises de détermination du contenu isotopique en matière fissile des combustibles irradiés, etc.

4.5. Dynamique du réacteur

L'étude dynamique du réacteur concerne l'évolution temporelle de la puissance; elle est nécessaire pour établir les limites de stabilité, les moyens de contrôle et les valeurs maximales atteintes par les températures. Parmi les objectifs, on peut citer l'analyse de bruits provoqués par certaines perturbations (ESSOR, ECO, ISPRA-I), la réduction du temps de calcul du code COSTANZA (base des analyses d'accident), les études des problèmes d'instabilité spatiale due au xénon.

4.6. Blindage

L'évaluation d'un blindage de réacteur se présente sous un double aspect: déterminer l'épaisseur de l'écran massif et calculer les fuites de radiations à travers les canaux qui y sont pratiqués. Sont prévus les travaux suivants: établissement d'un code de déplacement-diffusion à deux dimensions (extension des codes SABINE et MAC-RAD), adaptation du code Monte-Carlo, extension des codes de transport pour neutrons et gammas (BIGGI), mise au point de codes à trois dimensions, expériences à l'aide du convertisseur EURACOS.

4.7. Etudes de projet

- SORA: les méthodes de calcul générales mises au point à Ispra ont été appliquées à la détermination des caractéristiques principales du réacteur (résultats confirmés par l'expérience critique effectuée à Oak Ridge). On poursuivra l'évaluation plus précise du dispositif de contrôle, l'étude de la sécurité et l'optimisation du modérateur hydrogéné.
- MINIMAJOR: l'étude préliminaire a permis de fixer les caractéristiques de l'ensemble, nécessaire à l'exécution du programme de physique expérimentale proposé. Les études détaillées devront être lancées.

5. Moyens

Il est prévu d'affecter à cette activité une dotation de 5,5 MUC qui servira à réaliser le programme à exécuter dans l'Etablissement d'Ispra du CCR. L'effectif directement engagé dans ces recherches représentera au cours de la période quinquennale une moyenne de 45 agents pour les activités communes aux filières.

II.2 PHYSIQUE DE L'ETAT CONDENSE ET SORA

1. Introduction

La connaissance des propriétés de la matière à l'état condensé, c'est-à-dire des solides et des liquides, a une importance pratique. La physique de la matière à l'état condensé, en permettant de comprendre les raisons de ces propriétés et en mettant en évidence de nouvelles propriétés, permet des développements importants dans toutes les branches de la technique.

Certaines de ces applications, comme la découverte, assez récente encore, des propriétés des semi-conducteurs et leur utilisation en électronique, sont parmi les mieux connues mais non les plus importantes; d'autres commencent à être connues du public, comme les lasers, les masers, les jonctions de Josephson et l'effet Gunn.

Il est d'autre part bon de préciser que la physique de la matière à l'état condensé est à la base de nos connaissances sur les matériaux. Pour comprendre les propriétés de la matière à l'état condensé, il est nécessaire de connaître sa structure et la nature des forces d'interaction qui s'exercent entre les atomes.

Il est apparu dans la dernière décennie que les neutrons peuvent en principe fournir toutes les informations nécessaires pour comprendre les mouvements atomiques. Encore faut-il disposer d'un réacteur fournissant des flux élevés dans des conditions raisonnablement économiques.

Le Projet SORA répond à ce besoin. C'est un réacteur rapide pulsé de puissance moyenne 1 MW. La puissance est délivrée sous forme d'impulsions périodiques de fréquence 50 cps, de durée 50 microsecondes, d'amplitude maximum de 300 MW. Le flux neutronique, dépendant de l'état physique et de la géométrie des modérateurs, est supérieur à 10^{15} n./cm².sec.

Sa construction à Ispra permettait de continuer et d'intensifier les recherches dans le domaine de la matière condensée, recherches actuellement poursuivies à Ispra au moyen du réacteur Ispra 1, et dans les unités de recherche de spectroscopie radiofréquence et de physique de l'état solide.

SORA n'est pas seulement complémentaire avec les réacteurs à haut flux, dans la plupart des investigations concernant la matière condensée, mais est susceptible également de fournir les mêmes résultats que les réacteurs à haut flux pour un coût de 3 à 5 fois inférieur.

2. Etat des recherches dans le monde et la Communauté

Dans tous les Etats membres, un travail de recherche actif est en cours. En particulier à Jülich et à Grenoble où sera implanté le réacteur à haut flux franco-allemand. De même, à Saclay et Karlsruhe, d'importantes unités de recherche sont en place. Enfin, à Mol, Petten et La Casaccia, des études de moindre importance sont en cours.

Aux U.S.A., au moins une douzaine de réacteurs de recherche présentant un flux neutronique supérieur à 10^{14} n/cm²/s sont utilisés en ce moment. A Brookhaven, on travaille sur un projet de réacteur pulsé de 30 MW du type SORA.

A Dubna, en URSS, on projette maintenant la construction d'un réacteur de recherche rapide pulsé d'une puissance moyenne de quelques Mw.

Enfin, le Canada envisage la construction d'un accélérateur linéaire de protons produisant un flux de neutrons thermiques continu de 10^{16} n/cm²/s.

Ce bref aperçu de la situation du développement de sources de neutrons très intense montre clairement l'importance attribuée à la recherche effectuée avec des neutrons thermiques.

3. Motivation d'une action communautaire

L'étude de la physique de l'état solide en général, et avec les techniques neutroniques en particulier, est prévue explicitement à l'annexe 1 du Traité. Le paragraphe II, "physique appliquée à l'énergie nucléaire", comprend la physique de l'état solide étudiée sous l'angle théorique (alinéa 1 d) et expérimentale (2 a). Le paragraphe VII, "équipements", précise que ceux-ci comprennent des sélecteurs de vitesse de neutrons (1 c). L'étude de la physique de l'état solide par les techniques neutroniques exige obligatoirement un réacteur nucléaire comme source de neutrons.

Ceci étant, la construction du réacteur SORA est nécessaire pour les deux raisons suivantes :

- l'assurance de la continuité et de l'intensification de la recherche de la matière condensée en Europe;
- la construction essentielle d'un réacteur rapide pulsé préliminaire devant permettre à l'Europe de construire, dans dix ou douze ans, la plus intense source de neutrons déjà en préparation dans des pays compétiteurs. Tous les physiciens reconnaissent cette nécessité. *)

Par ailleurs, il existe une complémentarité entre SORA et le réacteur GFHFR en construction à Grenoble.

- parce que le GFHFR est de type "stationnaire" et que l'instrumentation qui lui est associée est en majorité du type conventionnel
- parce que l'instrumentation autour de SORA sera uniquement du type à temps de vol (neutrons quasi "monoénergétiques") et que, pour cette instrumentation, SORA fournit un flux de neutrons thermiques quatre fois plus élevé
- parce qu'il existe un vaste domaine de recherche où la technique du temps de vol est seule possible, ce qui donne un avantage considérable aux réacteurs pulsés.

Dans ces conditions, le projet SORA, idée originale développée par la Communauté et outil indispensable au développement des études de physique de l'état condensé, devrait être construit par la Communauté, apportant ainsi à chacun en Europe la possibilité d'accéder à des sources très intenses de neutrons.

Un Comité mixte serait formé afin de répartir au mieux les recherches entre SORA et le GFHFR.

L'implantation à Ispra se justifie par l'environnement universitaire, la présence sur place de deux équipes numériquement importantes de physiciens, spécialistes de cette technique, par le support technique que peut apporter l'Établissement pour la construction, l'exploitation et l'expérimentation, par la mise à disposition de l'ensemble du personnel d'exploitation qui serait libéré avec l'arrêt

*) Confirmation de l'intérêt d'un réacteur pulsé par deux assemblées internationales tenues en 1966 à Dubna et Santa Fé.

du réacteur Ispra 1, par l'avantage du site relié par liaison rapide avec les centres universitaires, mais suffisamment éloigné des grosses agglomérations.

On peut préciser que le terrain se prête à la construction du réacteur, parce que les sondages ont confirmé qu'il pouvait y être économiquement construit, parce qu'on dispose de la base de temps de vol de 1.000 mètres nécessaire à l'expérimentation d'un réacteur pulsé, parce que l'aire d'exclusion autour du réacteur est suffisante au point de vue de la sécurité des laboratoires et bureaux du Centre.

Enfin, en ce qui concerne les possibilités de développement, il existe deux possibilités :

- l'augmentation de la puissance : pour un réacteur à haut flux, la limite à la fois technique et économique est la puissance thermique. Pour atteindre le flux de SORA, un réacteur continu devrait avoir une puissance thermique de 200 MW, son coût de construction et d'exploitation serait considérable. Un réacteur pulsé de 30 MW est techniquement concevable et économiquement réalisable. Son flux serait cent fois supérieur à celui du GFHFR : pour réaliser un flux identique avec un réacteur continu, il faudrait une puissance thermique de 5.000 MW, ce qui est techniquement impossible et économiquement impensable.
- le couplage avec un accélérateur : il permet, à puissance égale, d'augmenter le flux thermique par un facteur 2 et le flux épithermique par un facteur 20. Il permet aussi, à puissance égale, en changeant la fréquence, d'augmenter le flux thermique par un facteur 10 et le flux épithermique par un facteur 100.

Les performances peuvent être améliorées en combinant l'augmentation de la puissance et le couplage avec accélérateur.

Ces possibilités de développement n'existent que pour les réacteurs pulsés. Cependant, la construction d'un réacteur pulsé de 30 MW nécessite un effort de recherche et de développement de cinq à dix ans. Un réacteur pulsé d'une puissance de l'ordre du MW est donc une étape indispensable.

4. Proposition de programme

4.1. Construction de SORA

L'avant-projet détaillé du réacteur SORA a été établi, et un certain nombre de vérifications expérimentales et travaux préliminaires ont été effectués ou sont en cours. Un groupe de construction SORA, assisté par un ingénieur conseil, doit être constitué en vue de préparer les appels d'offres pour le réacteur et le bâtiment. Le planning prévoit que la construction s'étendra sur 33 mois à partir de la passation des commandes envisageable vers la seconde moitié de 1969.

En parallèle, on procédera à l'étude et à la construction des dispositifs expérimentaux qui comprennent : les sources modératrices (froides et chaudes), les monochromateurs, les détecteurs et le dispositif pour le traitement des données. Etude et construction se feront en même temps que la construction du réacteur. Les techniques de mesure doivent être entièrement réexaminées afin d'être adaptées aux conditions de fonctionnement des réacteurs pulsés. Un travail de recherche est à entreprendre dès que possible. Le réacteur servira de banc d'essai pour la mise au point de ces techniques.

4.2. Programme de recherche

On poursuivra les travaux de diffraction neutronique dans le réacteur Ispra 1 de 5 MW qui possède 14 canaux radiaux avec un flux de neutrons thermalisés inférieur à $3 \cdot 10^{13}$ n/cm². Huit de ces canaux sont équipés de spectromètres pour des études de physique de l'état solide, dont trois sont utilisés par un service de physique du CNEN, et les cinq autres par le CCR.

En outre, on poursuivra l'emploi des techniques conventionnelles : la diffraction des rayons X, l'absorption optique, la conductivité électrique des solides ioniques, la résistivité électrique des métaux et la résonance magnétique nucléaire.

Au présent et au futur, les lignes principales du programme de recherche de neutronique et de physique de l'état condensé correspondent au sujet suivant :

- Solide (Dynamique des réseaux, phénomènes critiques, imperfections, diffusion atomique, structure cristalline, ferroélectricité, phénomènes de surface)
- Fluides et Thermodynamique (Théorie générale, structure, dynamique, hélium solide et liquide, processus irréversible et de transport)
- Atomes, molécules (structure, transfert et pertes d'énergie, polarisation dynamique, lasers et masers, résonance magnétique)
- Macromolécules et systèmes biologiques (structure et dynamique)
- Noyaux (interactions, réactions nucléaires, sections efficaces, fission)
- Spectres neutroniques
- Développement singulier de nouvelles techniques et méthodes (spectromètres à temps de vol, production et détection de rayonnements polarisés, développement de spectromètres pour l'étude des phénomènes de surface).

Certaines recherches pourront déborder le cadre actuel vers la science des matériaux, l'étude de certaines propriétés électro-optiques applicables à l'industrie des ordinateurs, la physique biomoléculaire, etc..

5. Moyens

Il est prévu d'affecter à cette activité une dotation de 29,7 MUC comprenant la construction de SORA pour un montant estimé à 11,5 MUC.

L'effectif correspondant à cet objectif sera de 130 agents en moyenne.

II - 3. RECHERCHES SUR DES MATERIAUX NUCLEAIRES

1. Introduction

Les recherches proposées visent essentiellement le développement des matériaux combustibles et de structure pour l'utilisation dans des réacteurs du futur. Tout progrès économique de ces réacteurs étant notamment intimement lié à la disponibilité de matériaux adaptés, un effort continu des études (de base et appliquées) des matériaux spécifiques est nécessaire. Puisque l'élaboration d'un nouveau matériau est un procédé long, elle doit précéder l'exécution des projets de réacteurs. L'expérience mondiale a montré à plusieurs reprises que le développement de grands projets peut subir un échec partiel provoqué par le manque de matériaux appropriés au moment opportun.

Par ailleurs, les études proposées sont importantes pour les installations de conversion d'énergie nucléaire (par exemple échangeurs de chaleur, turbines à gaz, convertisseurs thermo-ioniques, etc.).

Ces études spécifiques conduiront enfin à une concentration sur des questions plus générales, communes à plusieurs filières et, le cas échéant, à des applications particulières comme les matériaux pour propulsion navale.

2. Motivations d'une action communautaire

De telles études constituent une tâche à long terme, typiquement "européenne", en ce sens que tout développement futur de l'énergie nucléaire dans la Communauté profitera des résultats. Elles devraient inclure l'élaboration de "data books" sur les matériaux nucléaires les plus importants, action de "service public" qui présenterait un intérêt immédiat. Le CCR dispose déjà des laboratoires et

des équipements spéciaux, des groupes de chercheurs spécialisés et de l'infrastructure nécessaires pour l'ensemble des études.

Les recherches envisagées dans le paragraphe suivant ne constituent pas un programme rigide. Elles peuvent être orientées vers tout nouveau besoin, y compris dans l'esprit de travaux "à la demande".

3. Propositions de programme

Les travaux envisagés couvrent trois domaines : les matériaux combustibles, les matériaux de structure, les essais d'irradiation et les études postirradiatoires.

3.1 Matériaux combustibles

Les recherches porteront sur les composés suivants :

- Minerais uranifères : participation à des initiatives concernant l'exploitation de gisements à faible teneur en uranium, ou la récupération de l'uranium associé à d'autres métaux dans des produits industriels.
- Carbures et oxydes des éléments fissiles et fertiles (U, Th) purs ou mixtes.
- Combustibles pour l'application à de très hautes températures (1600 - 2000 °C) pour convertisseurs thermo-ioniques.
- Combustibles à base d'alliages métalliques de thorium pour application des réacteurs à eau lourde utilisant le cycle thorium, et éventuellement dans des réacteurs rapides à cycle mixte U/Pu - Th/U.

Pour les premiers, le CCR pourrait d'emblée contribuer à la mise au point de nouvelles techniques d'attaque et de traitement de minerais, ou de récupération de l'uranium contenu dans les phosphates.

Pour les suivants, une expérience importante a été accumulée à Ispra dans le domaine des carbures d'uranium dans le cadre du

projet Orgel. Elle pourrait être étendue au développement des carbures avancés en vue de l'application dans les réacteurs rapides de la seconde génération (facteurs de conversion plus élevés).

Pour les troisièmes sont envisagées des études des carbures mixtes avec métaux non fissiles (par ex. ZrC, TaC) et des cermets exigeant une stabilité mécanique et dimensionnelle excellente à des températures élevées.

Pour les derniers, en ce qui concerne les réacteurs à eau lourde, l'application des alliages métalliques devrait conduire à une densité de puissance élevée sous les conditions neutroniques les plus favorables. En ce qui concerne les rapides, une utilisation éventuelle pourrait être envisagée : "sodium void coefficient" nettement moins accentuée pour Th que pour U. (Des études théoriques sont poursuivies en URSS depuis quelques années, et, très récemment, à Oak Ridge.)

En principe, les alliages de thorium se comportent en pile mieux que les alliages d'uranium du point de vue de la stabilité dimensionnelle. Actuellement, les seules études en cours sur ce sujet sont exécutées au Battelle Northwest (USA) avec des résultats très prometteurs.

De telles études doivent inclure des recherches de l'influence du protactinium sur le comportement des alliages à de hautes températures, entamées depuis deux ans à Ispra.

Pour les matériaux cités, on envisage les études technologiques et fondamentales suivantes :

- détermination des propriétés mécaniques et thermiques
- essais d'irradiation et examens postirradiatoires
- étude du gonflement sous irradiation et du relâchement des gaz de fission
- études de compatibilité vis-à-vis des matériaux de gainage

- détermination des paramètres cinétiques les plus importants (coefficients de diffusion et paramètres de formation et migration des défauts réticulaires)
- détermination des paramètres thermodynamiques et structuraux (diagrammes de phase, paramètres réticulaires, énergies libres de formation, etc.).

3.2 Matériaux de structure

On propose des études plus approfondies des groupes de matériaux suivants :

- alliages de zirconium
- matériaux composites, y compris des cermets et des graphites imprégnés
- graphites et pyrocarbones
- métaux réfractaires et alliages
- aciers pour applications spéciales.

Les alliages de zirconium se sont affirmés comme matériaux de choix dans les réacteurs à eau légère et à eau lourde. L'évolution vers des températures plus élevées et vers les cycles thorium, est surtout liée au développement d'alliages de zirconium appropriés : les études envisagées seront orientées vers le développement d'alliages capables de travailler à des températures atteignant 550 °C et taux de combustion élevés (40.000 MWj/t pour le cycle Th), principalement en contact avec la vapeur d'eau. Dans la Communauté, des études sont en cours au CEA et chez Siemens, surtout sur des alliages pour refroidissement au CO₂. Des travaux plus importants sont exécutés aux Etats-Unis (General Electric, Westinghouse, Battelle) et au Canada. A Ispra, des travaux concernant des alliages pour milieu organique et vapeur sont en cours depuis 1962.

En ce qui concerne les matériaux composites, des résultats importants ont été obtenus dans les dernières années. Par combinaison de deux composants, par ex. la dispersion de particules ou de fibres d'un matériau dur dans une matrice ductile, on obtient des corps de propriétés excellentes, à des températures

où la matrice seule devient déjà faible. A Ispra, beaucoup de travail a été effectué sur le "SAP" dans le cadre du projet Orgel. Les expériences acquises sur ce matériau sont applicables à d'autres composites d'intérêt nucléaire, en particulier des alliages de zirconium des aciers spéciaux et des "super-alliages" (par ex. à base de nickel). Le graphite imprégné avec des métaux (par ex. magnésium) a été étudié à Ispra depuis 1963. Ce matériau est complètement imperméable et montre des propriétés mécaniques excellentes à haute température. Son contenu métallique étant très bas, l'absorption neutronique n'est pas très différente de celle du graphite pur. Ce matériau s'est révélé intéressant comme matériau de structure ou de gainage dans des réacteurs refroidis avec des liquides organiques. Son développement futur peut intéresser d'autres filières.

Les graphites et pyrocarbones sont les matériaux les plus importants pour la construction des réacteurs à haute température refroidis à hélium. Leurs propriétés dépendent fortement des procédés de fabrication et de leurs paramètres morphologiques. Dans l'établissement de Petten, une activité importante a été entreprise à ce sujet depuis quelques années. On propose une continuation de ces recherches eu égard à l'importance généralement reconnue de la filière des réacteurs à gaz à haute température.

Les métaux réfractaires sont d'un intérêt général dans une technologie moderne visant à des températures de plus en plus élevées. L'application dans les convertisseurs thermo-ioniques est envisagée (voir chapitre spécial).

Les aciers sont des matériaux de premier choix pour les réacteurs rapides, et, dans tous les types de réacteurs, comme matériau pour cuves et échangeurs de chaleur. Leur développement est en progrès continu dans tous les pays, en particulier dans les industries spécialisées. Compte tenu de la compétence plus générale des laboratoires industriels, le CCR se concentrera sur des questions spéciales : comportement sous irradiation, durcissement par incorporation de dispersions stables à haute température, étude de couches protectrices.

3.3 Programme d'irradiation

Il s'effectuera dans HFR et ESSOR. Pour les irradiations des échantillons de matériaux, on utilisera le réacteur HFR avec certaines modifications en vue d'obtenir des positions additionnelles, de centraliser les mesures de contrôle, d'augmenter le flux de neutrons rapides, de programmer l'utilisation des positions d'irradiation à long terme, de développer des dispositifs d'irradiation spéciaux.

3.4 Technologie chimique nucléaire

Parmi les idées nouvelles qui pourraient être développées dans le CCR ont été étudiées : d'une part, la possibilité d'utiliser les radiations de haute énergie et notamment l'énergie des produits de fission en vue de la synthèse et de la production de produits chimiques industriels (réactions chémo-nucléaires) et, d'autre part, l'utilisation de la chaleur pour la production d'hydrogène.

En ce qui concerne la synthèse de produits industriels, un effort modéré a été entrepris au cours des dernières années aux Etats-Unis et en URSS (synthèses d'oxydes d'azote, d'ozone, d'hydrogène et eau oxygénée, d'hydrazine, d'acide cyanhydrique, etc., composés d'intérêt industriel et bases des engrais azotés et de certaines matières plastiques).

Les études envisageables porteront sur le processus de quelques réactions intéressantes, afin d'améliorer le rendement chimique. A noter d'ailleurs que le combustible du réacteur chémo-nucléaire nécessiterait un important travail de mise au point.

En ce qui concerne la production d'hydrogène à partir de l'eau par un procédé totalement chimique, des essais préliminaires, à Ispra, ont montré qu'un tel procédé - original - est en principe réalisable (intérêt pour des réactions utilisant l'hydrogène : production du fer et de l'ammoniac, et source d'énergie pour métallurgie, cimenterie, verrerie, chauffage urbain, etc.).

Des propositions dans ce domaine pourraient être élaborées si un intérêt était manifesté.

4. Moyens nécessaires

Cette activité directe concerne environ 140 agents (Ispra et Petten). Son coût total est estimé pour cinq ans à venir à 19,6 MUC. (Ceci n'inclut pas l'exploitation du HFR et les dispositifs expérimentaux).

II.4. CONVERSION DIRECTE D'ENERGIE

1. INTRODUCTION

On propose les procédés de conversion directe d'énergie tels que:

méthodes thermo-électrique, thermoionique, magnétohydrodynamique, électrochimique et photoélectrique,

en vue de leur application à long terme pour acquérir une vue d'ensemble en portant l'effort principal sur les procédés

- qui sont liés directement avec l'énergie nucléaire,
- où le CCR a déjà développé une activité ou possède une équipe compétente,
- où la participation du CCR est souhaitable pour compléter les travaux effectués dans les pays de la Communauté.

Actuellement, il n'est pas encore possible de juger avec certitude dans quelle mesure ces nouveaux procédés pourraient trouver une application dans l'avenir mais l'opinion générale est qu'ils y joueront un rôle de plus en plus important, par exemple pour l'alimentation électrique dans l'espace ou pour les recherches océanographiques.

2. ETAT DES RECHERCHES DANS LE MONDE ET LA COMMUNAUTE

L'importance des réacteurs thermoioniques pour l'alimentation électrique dans l'espace dans l'avenir a été soulignée au cours de la 2ème conférence internationale sur la production thermoionique d'énergie électrique, par le représentant de l'USAEC et par le représentant du comité de l'état pour l'utilisation de l'énergie atomique de l'URSS. Selon ces estimations on aurait besoin aux USA de sources d'énergie jusqu'à 300 kWe après 1980, (les moyens mis à disposition en 1968 pour la recherche thermoionique aux USA comportaient environ 10 millions de \$).

Dans la Communauté, la France, la République Fédérale d'Allemagne, le Benelux et l'Italie, ont entrepris des recherches et y ont intéressé différentes firmes industrielles: CSF, Compagnie Française Thomson-Houston, Brown-Boveri et C^o, Siemens.

Ces recherches sont surtout axées sur la technologie des convertisseurs; quelques essais en pile ont été effectués et il existe un projet pour le développement du réacteur thermoionique (ITR). Pour le moment une application des réacteurs thermoionique existe surtout dans des satellites

de télévision, des satellites avancés de télécommunications, météorologique et des sondes scientifiques.

3. MOTIVATION D'UNE ACTION COMMUNAUTAIRE

Il est souhaitable d'harmoniser les différentes activités dispersées pour éviter des travaux doubles. C'est par la concentration de toutes les forces que l'Europe pourra arriver au niveau des efforts des USA et de l'URSS. D'autre part, une activité communautaire pour la poursuite possible de plusieurs solutions techniques, diminue le risque créé par la limitation sur un seul concept. En particulier, le CCR se prêterait à exécuter des travaux et des études complémentaires aux travaux dans les pays membres. Etant donné qu'il est très probable que l'application des réacteurs thermoioniques se fasse seulement sur le plan plurinational, et que, comme aux USA et en URSS, les organisations spatiales européennes ne sont pas encore en mesure de pouvoir définir leurs besoins, une initiative de la Commission serait bien motivée.

4. PROPOSITION DE PROGRAMME

Le programme communautaire comporterait les points suivants:

- développement des éléments thermoioniques du type "en coeur" pour des réacteurs modérés et du type "hors coeur" utilisant des caloducs (études de physique et technologiques, essais de matériaux).
- développement de combustibles à haute température et d'autres composants des réacteurs thermoioniques (p.ex. radiateurs thermiques)
- études comparatives de conception et d'engineering sur différents types de réacteurs thermoioniques
- création d'une documentation centrale sur la conversion directe
- application des caloducs dans des dispositifs de conversion directe (p.ex. réacteurs thermoélectriques)
- convertisseurs électrochimiques à base des piles à régénération thermique (études d'électrodes à halogènes, à hydrogène; recherches de meilleurs électrolytes; conception de piles présentant la compacité maximum; recherches sur les matériaux).

5. MOYENS

Il est prévu d'affecter à cette action une dotation de 9,1 MUC pour des travaux à exécuter au CCR essentiellement à Ispra et accessoirement à Petten. L'effectif directement engagé dans ces recherches représentera, au cours de la période quinquennale, une moyenne de 65 agents.

II - 5. FUSION ET PHYSIQUE DU PLASMA

1. DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACTIVITE CONSIDEREE SUR LE PLAN SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Le but ultime de ces recherches est d'obtenir une production nette d'énergie électrique à des prix compétitifs en exploitant les réactions entre noyaux atomiques légers (essentiellement H^2 , H^3 , He^3). Les avantages par rapport aux autres sources classiques ou nucléaires (fission) résident dans la large disponibilité et la répartition pratiquement uniforme du combustible ou, en général, des matières premières ; dans l'absence presque totale de déchets dangereux ; dans une grande sécurité et une protection contre les radiations vraisemblablement plus facile que dans les réacteurs à fission.

Tandis que dans le cas de la fission nucléaire l'exploitation industrielle est relativement aisée, dans le cas de la fusion le problème est beaucoup plus compliqué. En effet pour que les réactions de fusion se produisent en nombre suffisant, le combustible doit être maintenu à des températures très élevées (centaines de millions de °K) se trouvant ainsi à l'état de "plasma". Ces températures excluant l'emploi de parois matérielles pour contenir ce plasma, le problème du confinement devient primordial : on pense qu'il peut être résolu par l'emploi de champs magnétiques ou plus généralement électromagnétiques.

Quand ce problème, essentiellement physique, mais comportant l'utilisation de technologies très avancées pourra être résolu, il restera bien entendu des problèmes plus spécifiquement techniques inhérents à la construction d'un réacteur. Bien que ce dernier aspect n'ait pas encore fait l'objet d'études vraiment poussées, on estime qu'il ne posera pas de difficultés insurmontables et que finalement, sous réserve de la réalisation d'un confinement adéquat, qui aujourd'hui constitue la préoccupation principale, la production d'énergie de fusion à des prix compétitifs serait possible.

2. APERCU DE L'ETAT ACTUEL DE L'ACTIVITE DANS LES PAYS MEMBRES ET LES PAYS TIERS

A l'intérieur de la communauté européenne, à part les recherches entreprises dans les Universités, il n'y a pas lieu, dans le domaine de la fusion thermonucléaire et la physique des plasmas, de faire une distinction entre l'activité exercée par les pays membres et l'activité faisant l'objet d'associations avec la Commission.

Diverses voies de recherches sont poursuivies, aussi bien dans la communauté que dans les pays tiers, pour tenter d'éliminer le problème des diverses instabilités qui s'opposent au maintien du plasma à l'état confiné. De plus, à côté des grands projets se déroule une activité tout aussi importante et nécessaire, et peut-être même plus, de recherche en physique fondamentale des plasmas. Pour mémoire, ceux-ci constituent environ 95 % de la matière de l'univers, et leur connaissance et leur maîtrise sont la clé de toute utilisation possible, y compris la réalisation de réacteurs thermonucléaires.

Les diverses orientations, sans tenir compte des recherches de base qui peuvent être communes à plusieurs d'entre elles, peuvent être ainsi classées :

Miroirs magnétiques et injection : dans la communauté (Fontenay-aux-Roses - MMII, DECA, BET *) -, aux USA (Oak Ridge), en U.K. (Culham), en URSS (Moscou).

Striction azimutale et cusps (θ -pinch) : dans la communauté (Garching (ISAR)*), Jülich (JULIETTA, TESI)*), aux USA (Los Alamos, NRL Washington), en U.K. (Culham), au Japon (Osaka).

Production, confinement et accélération de plasma par haute fréquence : Communauté (Saclay - ICARE, PLEIADE, CIRCE, DAPHNIS*) Jutphaas, en URSS (Moscou).

*) Nom des projets et installations communautaires.

Configurations fermées : dans la communauté (Fontenay (STATOR, HARMONICA)*), Garching (WENDELSTEIN)*), aux USA (Princeton, Livermore), en URSS (Moscou).

Plasmas de très haute densité : dans la communauté (Frascati (MIRAPI, MAFIN)*), aux USA (Los Alamos), en URSS (Moscou, Novosibirsk, Leningrad).

3. NECESSITE DE POURSUIVRE L'ACTION COMMUNAUTAIRE

On voit ci-dessus que les laboratoires de la communauté participent activement aux grandes lignes de la recherche internationale ; leur contribution représente une fraction considérable et croissante de l'effort mondial :

de 7,5 % en 1959, par rapport à UK 8 %, USA 36 %, URSS 40 %
à 14 % en 1963, par rapport à UK 12,5 %, USA 25 %, URSS 37 %
à 20 % environ en 1968, soit un peu moins que les Etats-Unis.

La qualité des travaux effectués par la communauté, jointe à leur volume, assure à celle-ci une position compétitive, obtenue en un temps relativement court.

De plus, la communauté dispose actuellement dans les centres et instituts nationaux, en association avec la Commission

- a) des installations et de l'instrumentation nécessaires à la poursuite de ces recherches ;
- b) d'un personnel technique et scientifique hautement qualifié.

Dans ces conditions il semblerait déraisonnable que les pays de la communauté, en ralentissant leur effort, se privent eux-mêmes de la place qu'ils se sont conquise, et de l'accès futur aux fruits de l'effort mondial, s'ils n'y participent plus.

La Commission a joué un rôle essentiel pour aboutir à la situation favorable citée ci-dessus. Ses moyens d'action ont été et devraient rester :

- a) son propre personnel dans les associations,
- b) la participation financière,
- c) les Comités de Gestion,
- d) le Groupe de Liaison, les groupes de travail, l'organisation des colloques, etc.

Il convient de rappeler que le Groupe ad hoc "Fusion Thermo-nucléaire" ayant reçu mandat de préciser au CCRN les données techniques des actions dont la poursuite sous forme d'associations dans ce domaine pourrait rencontrer l'accord de principe de toutes les délégations a notamment émis à ce sujet dans son rapport (S/415 f/68 CRN 6) les avis suivants :

- "La conclusion et le renforcement des efforts communautaires dans le domaine de la fusion se justifient par les progrès incontestables des dernières années. En fait, s'il est vrai que l'obstacle principal est encore représenté par les instabilités, il ne s'agit plus cependant des mêmes instabilités, les plus graves ayant été expliquées puis éliminées. Quant aux micro-instabilités résiduelles, la plus grande partie des recherches envisagées dans les programmes ont pour but leur étude et des progrès importants peuvent déjà être enregistrés".
- "Le Groupe ad hoc a ensuite déclaré partager la conception de la Commission selon laquelle, à la suite des résultats positifs obtenus ces dernières années, la poursuite de l'activité communautaire dans le cadre ainsi défini semblait justifiée.
- Le Groupe ad hoc a très fortement insisté sur le fait qu'une répartition des tâches et la collaboration entre associés sont rendues possibles par l'existence du système communautaire d'associations comportant financement, personnel et gestion mixte, ainsi que par

les liaisons entre associations. En effet, dans la situation actuelle des recherches en matière de fusion, où de nombreuses voies semblent possibles sans que puisse, a priori, être décelé laquelle est la meilleure, la tentation est forte pour chaque laboratoire, et en particulier pour les plus importants, d'en suivre le plus grand nombre possible. S'il en était ainsi, il en résulterait des dépenses plus lourdes, des dispersions inévitables et une diminution d'efficacité. Par contre, comme l'expérience du passé l'a démontré, chacun des laboratoires associés peut accepter et faire accepter par son personnel scientifique le risque de se spécialiser dans un nombre restreint de secteurs, à condition que son programme soit une partie d'un programme commun couvrant l'ensemble des domaines importants.

4. DESCRIPTION DE L'ACTIVITE FUTURE : OBJET DES RECHERCHES ET DUREE DU PROGRAMME

Le programme d'activité tel qu'il a été approuvé pour une durée de cinq ans par le Groupe ad hoc du CCRN est le suivant (Annexe IV du rapport du Groupe S/415 f/68 CRN 6) :

4.1. Recherche théorique

- Travaux sur la théorie microscopique du plasma ;
- Etude des ondes dans les plasmas, de leur stabilité et des effets non linéaires.

Dans tous les laboratoires, les groupes théoriques continueront à fournir leur appui aux groupes expérimentaux, en particulier en ce qui concerne l'étude des configurations d'équilibre et de leur stabilité ; ceci surtout, et sur des domaines différents, à Fontenay-aux-Roses, Garching et Jutphaas.

4.2. Plasmas de très basse pression

En configurations ouvertes : en ce qui concerne les dispositifs à injection d'ions à Jutphaas, l'expérience cusp sera clôturée en 1968 ; à Fontenay-aux-Roses, la machine MMII sera exploitée jusqu'à son terme, mais le programme dans cette direction ne sera pas poursuivi ; par contre, on y poursuivra des travaux sur l'injection de granules. Sur le dispositif DECA II B et sur des installations auxiliaires (partiellement à Saclay), on étudiera surtout les micro-instabilités. Les plasmas froids de Césium et Baryum, relativement faciles à produire et pouvant, sous certains aspects, simuler dans certaines limites les propriétés des plasmas chauds, feront l'objet d'une activité importante, surtout à Garching et à Frascati où l'on dispose d'une installation particulièrement flexible. On ne prévoit pas de gros investissements dans ce domaine.

En configurations fermées : le gros, sinon la totalité de l'activité restera concentré à Garching ; on poursuivra l'exploitation des installations WENDELSTEIN (du type Stellarator et multipole) existantes pour élucider les propriétés de confinement et, en particulier, reprendre les mesures sur la diffusion faites auparavant, en liaison avec la structure du champ magnétique ; pour éviter l'influence nocive des supports dans le cas des multipoles, un quadrupole comportant deux anneaux concentriques supraconducteurs et lévités magnétiquement sera mis en service probablement fin 1968. On emploiera pendant un certain temps et, en tout cas en 1968, des plasmas alcalins ; l'emploi d'hydrogène plus chaud sera envisagé selon les résultats. A Fontenay-aux-Roses, une expérience à échelle modeste comportant un puits magnétique et un cisaillement des lignes de force est entreprise.

4.3. Plasmas à moyenne pression

En configurations ouvertes : à Fontenay-aux-Roses les expériences de capture et chauffage par impulsions seront poursuivies sur les

dispositifs B-E-T et sur une installation annexe ; à Jülich, on étudiera les différents mécanismes (laminaires ou turbulents) de chauffage.

En configurations fermées : les études concernant l'équilibre et la stabilité MHD seront poursuivies à Fontenay au moyen des deux dispositifs HARMONICA. L'activité sur les configurations avec conducteur central (hard core) ayant pour but l'examen du confinement dans un champ présentant un fort cisaillement des lignes de force sera poursuivie sur les machines STATOR existantes ou en cours de perfectionnement. Dans la même direction, une nouvelle grosse expérience "SUPERSTATOR" destinée à explorer les limites supérieures des temps de confinement auxquelles on peut s'attendre est en projet. Cette machine demandera des énergies importantes (plusieurs dizaines de Megajoules) pour lesquelles des génératrices sont à l'étude ; son coût peut être estimé de 5 à 6 MUC.

Les études sur les arcs entourés par un plasma froid seront poursuivies en collaboration entre Jutphaas et Garching, surtout en ce qui concerne les problèmes de physique de plasmas. En plus, Jutphaas poursuivra les études sur la stabilisation par tourbillon de gaz ainsi que des études connexes de chauffage.

4.4. Plasmas à haute pression

En configurations ouvertes : à Garching, au moyen des installations ISAR, et notamment ISAR I avec sa turbine de 5 m 40, on étudiera le mécanisme de pertes axiales et radiales des particules et d'énergie ; à Jülich, sur le dispositif JULIETTA, on continuera à étudier la stabilité en présence d'un champ piégé antiparallèle au champ principal de compression ; à Frascati, on poursuivra sur le dispositif CARIDI les recherches sur les ondes de choc sans collision.

En configurations fermées : à Jutphaas on poursuivra les expériences screw-pinch qui, jusqu'à maintenant, ont montré une stabilité au-delà des limites attendues ; l'étude du grand problème de l'application des techniques "θ-pinch" aux configurations fermées et, en particulier, par la réalisation des configurations M + S, est abordée à Garching par étapes successives, aussi bien sur le plan théorique qu'expérimental ; en particulier on examinera au moyen de l'installation ISAR I la stabilité dans des champs magnétiques ondulés ; à Jülich, une petite expérience TESI utilisant les techniques "θ-pinch" et faisant intervenir le cisaillement des lignes de force sera lancée déjà en 1968.

4.5. Plasmas à très haute pression

La création et l'étude de ces plasmas, qui pourraient offrir des alternatives à la production d'énergie nucléaire, constitue l'activité essentielle du groupe B à Frascati.

Pour la compression et le confinement marginal de ce plasma on utilisera des pistons (liners) plasmatiques (MIRAPI) ou initialement métalliques (MAFIN) propulsés par champs magnétiques ou à l'aide d'explosifs chimiques. Dans le second cas, des champs magnétiques très élevés (plusieurs Mégagauss) déjà obtenus dans le laboratoire seront utilisés.

Des plasmas, du moins initialement, de très haute densité seront produits par action de lasers très puissants sur la matière à Frascati (expérience HOT-ICE), Fontenay-aux-Roses et Garching. Une bonne collaboration existe entre les trois laboratoires. Cette partie du programme est coordonnée par un groupe de travail permanent.

4.6. Interactions ondes électromagnétiques - plasma

Dans ce domaine, le gros de l'activité continuera à être développé par le groupe de Saclay au moyen des installations PLEIADE, ICARE, CIRCE. Les champs électromagnétiques à des

fréquences voisines de la fréquence cyclotronique des électrons seront utilisés pour le chauffage, l'accélération, le confinement et, éventuellement, la stabilisation.

Cette voie pourrait donner un regain d'intérêt aux configurations ouvertes en fournissant une nouvelle méthode de confinement aux extrémités, ne présentant peut-être pas les défauts inhérents aux miroirs. D'autres travaux complémentaires seront conduits à Jutphaas dans le même domaine.

La production de champs magnétiques intenses à basse fréquence, utile en particulier pour la stabilisation dynamique, sera poursuivie par le groupe de Saclay.

A Jülich, on poursuivra les travaux d'accélération de plasma par ondes progressives.

4.7. Recherches diverses

De nombreux travaux, qui en général ne demandent pas d'appareillages importants, relatifs à la physique fondamentale du plasma, seront poursuivis dans presque tous les laboratoires. Rappelons les études sur l'interaction faisceau-plasma, notamment à Fontenay-aux-Roses et Amsterdam, sur les interactions ondes magnétiques - plasma et les résonances, notamment à Bruxelles (ERM) et, probablement, sur les plasmas relativistes qui semblent présenter des applications intéressantes.

Les méthodes de diagnostics par spectroscopie, laser, sondes, etc. seront développées selon les besoins.

4.8. Technologie

A l'appui des expériences en cours et de leur évolution, un programme de développement technologique est prévu dans les domaines de la production, du stockage et de la commutation d'énergie électrique, des supraconducteurs, de la cryogénie, des bobinages

magnétiques, des lasers, du comportement des parois et des matériaux sous irradiations, etc. Les travaux des laboratoires sont coordonnés par le groupe de travail déjà mentionné.

Un appui aux calculs numériques pourrait être fourni par le Centre d'Ispra ; en outre, une collaboration pourrait s'établir entre Frascati et Ispra pour le développement de certaines idées sur l'utilisation des neutrons de fusion.

5. MOYENS NECESSAIRES

Les prévisions budgétaires des associations pour la période 1968-1972 ont été présentées par les délégations nationales au Groupe ad hoc ci-dessus mentionné.

On constate que le total prévu des dépenses d'association pour la période de cinq ans s'élève à environ 161 MUC, avec une correction qui tienne compte du fait que l'on envisage la période 1969-1972 et non 1968-1972 ; avec un pourcentage moyen de participation d'Euratom de 28 %, la quote-part de la Commission s'élèverait à environ 46 MUC.

Le Groupe ad hoc (S/415 f/68 CRN 6, page 13) a également reconnu l'opportunité de prévoir une réserve au cas où une grosse opération aujourd'hui imprévisible, se révélerait nécessaire durant les cinq prochaines années.

II - 6. BIOLOGIE - PROTECTION SANITAIRE

1. INTRODUCTION

Le développement de recherches et d'applications nucléaires ne peut se faire sans que soient étudiés les risques liés aux rayonnements pour l'homme et les organismes vivants, les moyens de les atténuer et d'en combattre les effets.

D'autre part, le souci de valoriser, au mieux, le potentiel créé par le déroulement de la recherche nucléaire, c'est-à-dire les capacités et compétences technologiques réunies dans les centres nucléaires, ainsi que les sous-produits tels que les radioéléments, conduit à tenter d'appliquer ce potentiel à d'autres secteurs d'activité d'intérêt social ou économique majeur.

2. ETAT DES REALISATIONS DANS CE DOMAINE

Le programme que la Commission a mené jusqu'ici, en grande partie par association avec des organismes des pays membres, comprend:

- a) Etude des risques liés aux rayonnements
 - l'étude des mécanismes de contamination de l'homme et du milieu ambiant, et la fixation des niveaux de contamination et d'irradiation;
 - les effets de l'irradiation sur l'homme et la matière vivante, en distinguant les effets à court terme, à long terme et les effets héréditaires;
 - la dosimétrie des contaminants et des irradiations et la mesure de leurs conséquences immédiates en vue d'une évaluation des effets nocifs éventuels.
- b) Application des techniques nucléaires
 - à la recherche biologique;
 - à la recherche médicale;
 - à la recherche agronomique.

Les exigences de la sécurité des populations et des travailleurs et le caractère de service public de ces recherches font qu'aucun pays ayant un programme nucléaire de quelque ampleur ne peut se permettre de s'en dispenser. A titre d'exemple, l'USAEC a consacré à son département "Biology and Medecine":

en 1957:	33 MUC	sur une dépense globale de 1581 MUC, soit 2% (secteur militaire exclu)
en 1962:	63 MUC	sur 1990 MUC, soit 3%
en 1967:	95 MUC	sur 1710 MUC, soit 5,55%.

Par comparaison, 5,55% de la dotation globale du 2ème programme quinquennal de la Communauté, soit 455 MUC, auraient représenté 25 MUC. La dotation du programme de biologie et protection sanitaire n'a été que de 16 MUC.

Quant aux dépenses prévues dans ce secteur par les pays membres pour les 5 prochaines années, une enquête récente a permis d'estimer qu'elles se montent au minimum à 200 MUC, dans lesquels les travaux auxquels la participation de la Commission est prévue représentent 85 MUC environ (pays membres + Commission).

3. NECESSITE D'UNE POURSUITE DE L'ACTION COMMUNAUTAIRE

La multiplicité des problèmes à résoudre a conduit la Commission à répartir les efforts entre ses associés en créant un réseau de recherche intégré; cette intégration, génératrice d'efficacité et d'économie dans un secteur d'intérêt public, ne pourra se maintenir que si la Communauté en reste l'élément de coordination agissant.

Le programme futur, qui est une continuation des travaux antérieurs, en tous cas pour ce qui concerne l'étude des risques liés aux rayonnements (2) a) ci-dessus) a été soumis à un groupe spécialisé du CCRN. Ce dernier souligne, en conclusion de son rapport, que les thèmes définis ont reçu l'accord unanime des délégations et constituent un ensemble intégré et cohérent. Il recommande de recourir à des actions d'envergure mais en nombre limité et dans lesquelles les apports respectifs des parties seraient raisonnablement équilibrés.

Il estime que cette concentration des efforts sur un nombre limité d'objectifs ne doit pas s'accompagner d'une limitation des crédits affectés à l'ensemble du programme "Biologie-Protection sanitaire". Il considère, en effet, qu'étant donné l'importance des recherches pour assurer la protection des travailleurs et des populations, conjointement au développement des applications de l'énergie nucléaire, un effort financier accru devrait être consenti par la Communauté pour le développement des recherches dans le domaine de la radioprotection.

Il recommande par ailleurs que l'étude des mécanismes d'action des radiations ne soit pas considérée de manière indépendante et s'intègre aux recherches envisagées, pour lesquelles elle constitue un support indispensable.

Tel qu'il est proposé ci-dessous, ce programme a fait l'objet d'un accord unanime des représentants scientifiques de la Commission et des diverses délégations nationales, ainsi qu'il résulte du rapport du groupe (doc. S/496/68 - CRN 12 du 10 juin 1968). Il tiendra compte dans son exécution de la recommandation formulée, qui demande de recourir à des actions d'envergure, mais en nombre limité, et dans lesquelles les apports respectifs des parties seraient raisonnablement équilibrés.

En ce qui concerne le développement des techniques nucléaires en vue de leur application à la recherche biologique, médicale et agronomique, la Commission insiste sur le tort que causerait à la communauté la cessation éventuelle de toute action communautaire dans ce domaine.

L'annexe 1 du Traité définit ce domaine comme "l'application des radioéléments en tant qu'éléments agissants ou en tant qu'éléments traceurs" dans les secteurs:

- industriels et scientifiques;
- thérapeutiques et biologiques;
- agricoles.

Les termes de l'annexe 1 ont été et sont toujours interprétés par la Commission de la manière suivante. Elle n'a jamais considéré qu'il incombait à un organisme communautaire, même nucléaire, d'appuyer des programmes de recherche définis uniquement par le critère "utilisation des radioéléments". Un tel critère conduirait à une infinité d'actions, à dispersion illimitée, et à un débordement certain de l'esprit du Traité: elle a toujours exclu de son programme l'application routinière des radioéléments. Mais cette interprétation restrictive s'accompagne d'une constatation de fait qui élargit le concept "application des radioéléments": les capacités et les compétences technologiques représentent le véritable potentiel créé par le développement de la recherche nucléaire proprement dite. En réalité, c'est lui, et non pas quelques sous-produits, qui peut contribuer le plus largement à la valorisation de cette recherche par son application à des domaines de grande importance économique et sociale.

Au moment où les associations des secteurs "applications" furent créées, Euratom était, en pratique, le seul instrument communautaire qui pouvait contribuer activement au développement d'actions associant les techniques nucléaires à la recherche biologique, médicale et agronomique. La situation actuelle n'est plus entièrement semblable. Des fonds communautaires destinés au développement de branches particulières de l'économie ont été créés, des projets d'organisation de la recherche scientifique sont en voie d'élaboration, et de nouvelles options de politique scientifique ont été prises au niveau national.

Cette modification de la situation conduit à poser le problème du financement de la partie du programme antérieur de la Commission la plus directement profitable à la biologie, à la médecine et à l'agriculture. La Commission estime, en effet, qu'en tout état de cause les actions qu'elle menait et qui ont fourni des résultats valables, ne peuvent être abandonnées. La perte pure et simple, pour ces programmes, de la participation de la Commission en budget et en personnel correspondrait à une détérioration du potentiel

scientifique européen. Il importe donc, tout en les adaptant aux besoins futurs, de poursuivre ces actions avec des moyens soit communautaires, soit nationaux, d'une manière telle qu'elles continuent à jouer leur rôle sur le plan européen. La Commission estime qu'il est essentiel que ce problème soit résolu, et qu'il est de son devoir de veiller à ce qu'il le soit.

Dans l'attente d'une telle solution, la Commission propose une action d'information, de coordination, de formation et de démonstration dont le programme est basé sur l'expérience acquise au cours du 2ème programme quinquennal, le développement de l'emploi des radioéléments et des techniques nucléaires dans la Communauté, et les besoins les plus urgents de la recherche biologique.

Elle considère en effet:

- qu'un organisme nucléaire a un rôle positif à jouer dans la mise au point de nouvelles méthodologies, de nouveaux instruments et de nouveaux produits jusqu'à la démonstration de leur applicabilité,
- que la plupart de ces programmes gagnent à être conduits sous forme d'actions concertées prévoyant une consultation et une coopération permanentes entre les unités de radiobiologie et de technologie des centres nucléaires et les organismes de recherches biologiques, médicales et agronomiques de la communauté.

Conçu de cette manière, le programme de la Commission ne requiert dans l'immédiat que des moyens budgétaires très limités. Cependant, la Commission tient à préciser que ce programme minimum ne pourrait manifester sa valeur et son utilité que si la poursuite des actions antérieures était assurée, poursuite qui, quelle que soit sa forme, exigera de la part des états membres un effort global non inférieur à celui qu'ils consentaient précédemment.

4. PROGRAMME PROPOSE

4.1 Recherches orientées vers la radioprotection

Thème no. 1: Contamination de l'homme et du milieu

L'objectif général est l'étude du cheminement des contaminants radioactifs à travers toutes les chaînes qui conduisent à l'homme où passent à travers l'homme lui-même. (Mouvement des radioisotopes dans la mer, les eaux douces, les sols, les plantes et l'homme, l'étude des niveaux de contamination de la chaîne alimentaire). Il importe par ailleurs de combler les lacunes qui existent en ce qui concerne:

- 1) le maillon animal de cette chaîne (notamment les gros mammifères),
- 2) la pollution atmosphérique et ses retentissements sur la chaîne alimentaire;
- 3) le comportement physico-chimique et biologique de certains radionuclides présents dans les effluents des installations nucléaires et susceptibles de contaminer les eaux de surface et la chaîne alimentaire;
- 4) les facteurs de transfert et de concentration de la radioactivité à travers la chaîne alimentaire et intervenant dans l'établissement des niveaux de protection;
- 5) la collaboration avec les organismes nationaux travaillant sur le problème de la contamination radioactive des mers autres que la Méditerranée;
- 6) étude des interactions des produits toxiques utilisés dans l'industrie nucléaire avec d'autres substances chimiques se trouvant soit dans le corps humain, soit dans le milieu ambiant;
- 7) la liaison entre les recherches dans le domaine du traitement et du stockage des déchets radioactifs et celles menées dans le domaine de la protection sanitaire.

Thème no. 2: Effets héréditaires

- 1) Etude de la structure génétique des populations humaines en vue de l'évaluation des risques d'irradiation.

- 2) Etude des mutations génétiques chez l'homme, en donnant une attention particulière à l'étude des populations et des individus irradiés.
- 3) Etude de la relation dose/mutations et de ses modifications en fonction des conditions pendant et après irradiation, y compris l'influence des radiations sur les caractères quantitatifs.
- 4) Etude de l'origine des différences de radiosensibilité et des mécanismes de répartition.
- 5) Etude des mécanismes génétiques les plus susceptibles de souffrir du fait des radiations (essentiellement la transcription et la transformation cancéreuse).

Thème no. 3 : Effets à court terme

- 1) Etude du traitement en cas d'exposition grave aux rayonnements (surtout transplantation de moelle osseuse ainsi que les problèmes hématologiques et immunologiques associés),
- 2) Etude des indicateurs d'irradiation (surtout hématologiques, biochimiques, chromosomiques et neurologiques),
- 3) Etude des effets associés,
- 4) Etude des radiolésions cutanées, des lésions oculaires et des effets sur la fertilité,
- 5) Stimulation de l'action menée dans les pays membres en vue de disposer de singes exempts de germes pathogènes pour la recherche radiobiologique européenne,
- 6) Participation à la mise en oeuvre d'un traitement par ordinateur et centralisation à l'échelle européenne des informations sur la compatibilité en vue des transplantations d'organes qui intéressent la radioprotection.

Thème no. 4 : Effets à long terme

- 1) Etude épidémiologique des groupes humains irradiés (exemples : Thorotrast, Ra 224).
- 2) Etude de la relation dose/effet et de l'efficacité biologique relative de radiations de différentes "L.E.T." au point de vue notamment de la carcinogénèse.
- 3) Effets de l'irradiation des embryons étudiés "in vivo" et "in vitro".
- 4) Etude de l'action des substances radiométriques et immunodépressives y compris celles pouvant apparaître lors de l'irradiation de denrées alimentaires.

Thème no. 5 : Mesures de rayonnement et dosimétrie

1) Mesures de rayonnement et leur interprétation

- Etude de la microdistribution dans le processus d'absorption et de transfert de l'énergie ainsi que des réactions physico-chimiques primaires et secondaires.
- Etude de certains problèmes de dosimétrie tels que la dosimétrie des neutrons (spécialement des neutrons épithermiques).

2) Mesures individuelles et d'ambiance

- Mise au point des dosimètres individuels (avec une attention particulière pour les méthodes ionographiques).
- Mesure précise des doses reçues en cas d'exposition à des champs de rayonnements mixtes (neutrons et gamma) ; développement de dosimètres équivalents aux tissus.
- Détermination de la dépendance énergétique et directionnelle des dosimètres neutroniques, et mise au point de méthodes simples de spectrométrie neutronique pour les applications en radioprotection.
- Mise au point de mesures pratiques des doses élevées dans des champs de rayonnements mixtes de haute énergie, tels qu'on les rencontre autour d'un accélérateur ; développement de techniques de détermination des spectres d'énergie et mise au point de méthodes pratiques basées sur la dosimétrie chimique ou physique.

- Mise au point de techniques de dosimétrie biologique.

Il est également reconnu nécessaire de mettre à la disposition de la Communauté, pour les recherches de protection sanitaire et de biologie envisagées dans le programme, des générateurs en vue de la production de neutrons mono-énergétiques avec énergie définie variable et de grande intensité.

4.2 Recherches orientées vers le développement des techniques nucléaires en vue de leur application à la recherche biologique, médicale et agronomique.

- Action d'information, de coordination et de démonstration, par laquelle la Commission jouera un rôle de catalyseur dans l'application des techniques nucléaires.

5. MOYENS NECESSAIRES

Le chiffre des effectifs moyens du programme BIOLOGIE-PROTECTION SANITAIRE est de 100 personnes.

Les crédits nécessaires à l'exécution du programme projeté sont estimés à 28,5 MUC pour 5 ans.

II.7. ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES

1. INTRODUCTION

La multiplicité des types de réacteurs étudiés, développés ou construits, nécessite que l'on prépare certains choix, en vue d'assurer la production d'énergie électronucléaire la plus économique possible, mettant en oeuvre des investissements minima et en assurant la sécurité d'approvisionnement la meilleure.

2. PROGRAMME PROPOSE

2.1. Il conviendrait, en vue de donner une base technico-économique solide aux conclusions à tirer en matière d'investissements industriels liés au développement de l'énergie nucléaire:

2.1.1) de disposer de données de base relatives:

- aux centrales nucléaires, notamment en ce qui concerne le cycle de combustible et les éléments du prix de revient de l'énergie produite sous forme électrique ou autre,
- à différentes matières utilisées et à leur production (U-naturel ou enrichi, eau lourde, plutonium...)
- aux fabrications de matériel spécialisé (éléments de combustibles, barres de contrôle, pompes, échangeurs, turbines, etc...)

2.1.2) d'examiner par une méthodologie appropriée, l'éventail des possibilités qui s'offrent à la Communauté européenne afin d'assurer la production d'énergie électronucléaire la plus économique possible, tenant compte des contraintes d'approvisionnement et de coût et des nécessités du développement technologique et industriel.

Outre la production d'électricité, il est prévu d'étudier sous le même angle d'autres formes d'utilisation de l'énergie nucléaire.

Ces études, à réaliser dans le sens prospectif, devraient permettre d'orienter efficacement les investissements à effectuer dans la Communauté et éviter une dispersion utile et préjudiciable des efforts tant de recherche que de développement industriel.

Leurs résultats devraient en particulier aider les services de la Communauté dans l'élaboration du programme indicatif du Traité d'Euratom (Art. 40) et à sa révision périodique.

3. MOYENS D'ACTION

Ces travaux seront menés en grande partie par le personnel du siège et complétés par des contrats d'études confiés de préférence à des organismes publics ou indépendants.

Un crédit de 1,5 MUC est prévu pour l'action indirecte. Le personnel est celui des activités de coordination (chapitre III-8).

III . Activités de service public .

III.1. INFORMATIQUE - CETIS

1. INTRODUCTION

L'informatique s'est imposée depuis dix ans comme l'un des outils indispensables au développement de la science et de la technologie nucléaire. A chaque niveau des travaux : recherche fondamentale, recherche orientée, développement de projets, sécurité, gestion des services et du matériel, documentation, etc... les calculatrices électroniques sont apparues comme le moyen de choix sans lequel aucune avance sérieuse n'était plus possible. Pour prendre un seul exemple, le nombre des codes disponibles dans le monde dans le seul domaine du calcul des réacteurs est passé d'environ 80 en 1962 à environ 650 à la mi-1968. Ce développement impliquait d'une part l'approfondissement ou la création des méthodes et techniques aptes à rendre toujours plus efficace, rapide et diversifié l'usage des calculatrices et, d'autre part, se répercutait chez les constructeurs sous la forme de l'apparition de "générations" successives de machines de puissance, vitesse et flexibilité croissantes.

Les sciences nucléaires ont largement contribué à la naissance et à l'orientation du calcul automatique, alors que les sciences du calcul automatique ont fourni les moyens pour la résolution de problèmes nucléaires qui n'avaient pu être abordés autrement. Pour que cet échange soit constamment fructueux, un organisme de recherche à vocation nucléaire doit disposer non seulement d'une installation appropriée, mais aussi d'une équipe de spécialistes en traitement de l'information, capables de confronter constamment problèmes et moyens, et de créer ces derniers lorsqu'ils manquent encore.

2. LES MOYENS DE CALCUL POUR LE RECHERCHE NUCLEAIRE

(Aperçu des installations de calcul digital de certains grands Centres nucléaires et puissance globale approximative "P" en prenant comme unité de référence l'IBM 7090).

Etats-Unis d'Amérique

Argonne National Laboratory : IBM 360/75, IBM 360/50, IBM 704
CDC 3800, CDC 1604 - ("P" = 10)

Brookhaven N.L. : 2 x CDC 6600, IBM 7094 II - ("P" = 14)

Los Alamos Scientific Laboratory : 2 x CDC 6600, 2 x IBM 7094 II
IBM 7030 - ("P" = 19)

Oak Ridge Laboratory : IBM 360/75, IBM 360/50, CDC 1604, IBM 7090 -
("P" = 8)

Livermore Lawrence Radiation Laboratory : 3 x CDC 6600, 2 x IBM 7094
IBM 7030 - ("P" = 27)

France

CEA Saclay : CDC 6600, IBM 360/75, IBM 360/50, IBM 7094 II - ("P" = 14)

CEA Fontenay-aux-Roses : IBM 360/50 - ("P" = 1)

CEA Cadarache : IBM 360/50 ("P" = 1)

République fédérale d'Allemagne

GFK Jülich : IBM 360/75 - ("P" = 5)

GFK Karlsruhe : IBM 360/65, AAG Telefunken TR 440 - ("P" = 6)

Italie

CNEN Bologne : IBM 7094, IBM 7040 - ("P" = 2)

Grande-Bretagne

UKAEA Harwell : IBM 360/65 - ("P" = 3)

UKAEA Aldermaston : IBM 7030 - ("P" = 3)

Autour de ces moyens, se sont formées des équipes de spécialistes dont l'activité se partage entre la solution de problèmes pour les tiers et le développement de recherches dans les divers domaines de l'informatique, trop diversifiés pour qu'il soit possible de brosser un tableau complet.

3. MOTIVATION D'UNE ACTION COMMUNAUTAIRE

Pour développer les objectifs définis par les traités, la Commission dispose à Ispra d'une installation de calcul digital (IBM 360/65, IBM 7090), dont la puissance équivaut à environ 4 x IBM 7090 et d'une installation de calcul analogique (3 PACE). Cette installation constitue l'équipement du CETIS dont l'activité présente deux aspects complémentaires :

- répondre aux besoins de calculs scientifiques, techniques et économiques des Communautés, ayant trait à l'énergie nucléaire et aux domaines connexes : activité de services. Ces activités absorbent actuellement la majeure partie du potentiel en effectifs (de l'ordre de 80 %) et en temps machine (94 %) ;
- développer un programme de recherche méthodologique et mathématique de calcul et en techniques de programmation avancée.

Il s'agit de l'action de recherche propre du CETIS caractérisée essentiellement par un effort de généralisation et de systématisation des méthodes de calcul, visant à satisfaire le plus grand nombre d'utilisateurs européens, et par la réalisation de moyens visant à faciliter la communication avec les calculatrices. Dans ce même esprit a été entreprise la constitution d'une bibliothèque de programmes scientifiques d'utilisation générale.

L'accueil favorable réservé sur le plan international à certaines réalisations du CETIS rend souhaitable la poursuite d'un effort dans ce domaine. L'insertion des travaux dans un éventuel plan européen d'informatique en découlerait naturellement.

4. PROPOSITION DE PROGRAMME

Le programme prévu couvre les activités des services pour les différents objectifs et en particulier les filières de réacteur. Ne sont décrites ici que les activités de recherche.

4.1. Etude des méthodes de réalisation de programmes de calcul pour des secteurs spécifiques

4.1.1. Analyse numérique

- constitution d'une bibliothèque de programmes d'usage général pour les applications scientifiques, évalués suivant les techniques d'évaluation des algorithmes et d'analyse à priori de l'erreur ;
- développement des procédures numériques permettant de résoudre un problème en contrôlant en même temps la propagation de l'erreur (théorie constructive des algorithmes) ;
- développement de procédures automatiques pour le calcul formel d'opérateurs algébriques, de différentiation et d'intégration.

Le projet d'évaluation de programmes scientifiques a recueilli l'intérêt et l'encouragement de spécialistes de renommée mondiale. Il n'existe pas de projets analogues dans d'autres Centres.

4.1.2. Mathématique appliquée

Etude de modèles à deux dimensions pour le traitement de problèmes d'hydrodynamique et de modèles à une et à deux dimensions pour les problèmes de magnétohydrodynamique.

Réalisation de programmes de calcul basés sur les méthodes numériques développées à Los Alamos et à Livermore, pour l'étude des phénomènes liés aux expériences de confinement du plasma.

Développement de méthodes et de programmes de calcul général pour le traitement de problèmes à deux et trois dimensions (analyse de contraintes et dynamique des structures).

4.1.3. Analyse et simulation de systèmes

Mise au point et développement de méthodes d'analyse et de techniques de simulation pour l'étude du comportement des systèmes complexes (organismes industriels ou de recherche, systèmes économiques, sociologiques, etc...).

Une application importante envisagée en collaboration avec la GFK Karlsruhe, concerne le problème de la recherche de méthodes efficaces de contrôle des matériaux fissiles.

Dans le domaine de l'économie, un intérêt particulier s'attache aux problèmes de répartition optimale de la production énergétique européenne parmi les différentes sources disponibles (thermiques, nucléaires, etc...) et à la recherche d'une politique optimale de consommation des matières fissiles (choix des types de réacteurs, leur facteur de charge, paramètres physiques de leur exploitation).

4.1.4. Systèmes intégrés d'information et gestion

Deux projets pilote pour la réalisation de systèmes intégrés sont actuellement en cours de réalisation pour le CETIS :

- + un système intégré pour l'exploitation d'un réacteur d'essai (ESSOR) et
- un système intégré pour la gestion d'une bibliothèque scientifique (celle d'Ispra).

D'autre part, une étude est en cours sur les moyens à mettre en oeuvre pour réaliser un système intégré pour la gestion scientifique d'un Centre de recherches nucléaires : en premier lieu l'établissement d'Ispra.

Un tel système, associé à un réseau d'information à accès rapide (utilisant éventuellement des stations d'interrogation "on-line" du type écran cathodique) permettra d'évaluer, à chaque instant, la dynamique du Centre et constituera le support de l'activité "décisionnelle" et de contrôle.

4.1.5. Documentation et traduction automatique

Il s'agit d'une activité méthodologique destinée à définir et à réaliser un système qui permette l'automatisation complète du processus de recherche documentaire dans ses diverses phases : analyse et indexage des textes, enregistrement en mémoire, procédures de repérage des documents. Les résultats déjà obtenus ont été jugés très favorablement par les spécialistes à l'occasion de récents congrès internationaux (IFIP/FID 1967, IFIP 1968).

C'est également dans l'optique documentaire qu'on a cherché à faire fructifier l'expérience acquise en traduction automatique. Une amélioration radicale du système de traduction russe-anglais (seul en Europe) est à l'étude pour répondre à la demande croissante des scientifiques, d'autre part, pour permettre d'introduire les publications russes dans le système documentaire automatisé. La flexibilité du système futur permettrait, le cas échéant, une extension à d'autres langues de sortie.

4.2. Développement de techniques, langages et systèmes destinés à faciliter la communication avec les calculatrices et leur emploi

4.2.1. Programmes de calcul analogique et hybride

Le CETIS, utilisant ses compétences dans ces deux techniques, a développé toute une série d'études pour

"automatiser" les phases de préparation d'un problème analogique : à titre indicatif le système "APACHE" est actuellement diffusé dans 40 centres de calcul dont 10 en Europe.

Il apparaît opportun d'utiliser cette avance et d'étendre l'effort d'automatisation aux calculatrices hybrides au moyen de la réalisation d'un "APACHE hybride" adaptable aux principaux types de ces calculatrices, et pouvant être traité sur tous les ordinateurs de dimensions suffisantes.

4.2.2. Chaînes de programmes à interaction automatisée (linked calculations)

Dans un secteur particulier, celui des projets de réacteurs, est en cours, la réalisation d'un système nommé "CARONTE" permettant l'exécution automatique d'une séquence prédéterminée de programmes nucléaires relatifs aux diverses phases d'un projet.

Une fois réalisé, le système pourra être étendu de manière à acquérir la faculté de décider le choix des séquences de programmes appropriés au problème à traiter.

L'originalité de ce système par rapport à des réalisations analogues développées exclusivement aux USA, est d'être "ouvert", donc indépendant du type des programmes qu'il est en mesure de contrôler.

La logique du système pourrait donc s'appliquer à des domaines de la technique autres que le nucléaire.

4.2.3. Communication à distance avec les calculatrices et entre elles

Les raisons principales qui font des stations éloignées le moyen d'avenir pour accéder aux calculatrices se conçoivent aisément : la puissance de calcul de la calculatrice est ainsi centralisée auprès des principaux utilisateurs, et grâce à la vitesse d'acquisition et d'élaboration de données et de restitution, on peut augmenter l'efficacité et

l'automatisme d'expériences dont l'exploitation nécessite des appareillages coûteux (analyseurs, accélérateurs, etc..).

Les relations envisagées à Ispra concernent :

- un réseau à basse vitesse pour l'introduction et l'exécution à distance de programmes ;
- un réseau à haute vitesse pour "data collection" permettant la liaison à l'IBM 360/65 de la plupart des analyseurs multicanaux répartis dans plusieurs laboratoires.

+

+ +

L'activité de recherche proposée serait développée par le CETIS à l'établissement d'Ispra du CCR. Elle représenterait le complément naturel de l'activité de service assurée par le CETIS, qu'elle devrait favoriser par son rôle d'activation.

Une autre initiative importante pour simplifier les communications entre auteurs et utilisateurs des programmes et rendre plus efficace l'emploi des installations de calcul existantes en Europe serait la création par les Etats membres d'une bibliothèque européenne de programmes de calcul couvrant toute la gamme des applications des calculatrices. L'expérience acquise par le CETIS, notamment dans la gestion de la programmothèque nucléaire, le désignerait pour entreprendre cette action.

5. MOYENS

Il est prévu d'affecter à cette activité une dotation de 18,5 MUC comprenant un montant de 9 MUC pour la location des ordinateurs et les fournitures correspondantes, ainsi que le remplacement des machines analogiques. L'effectif directement affecté à cet objectif sera de 95 agents en moyenne.

III - 2. MESURES ET ETALONS NUCLEAIRES

1. INTRODUCTION

Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance, pour une Communauté Economique, d'un bureau de mesures. Un tel bureau a été établi pour l'énergie nucléaire par la création du Bureau Central de Mesures Nucléaires prévu par le Traité.

Ce genre d'activité n'existe pratiquement nulle part ailleurs dans la Communauté, en ce qui concerne les étalons pour l'industrie, la science et le commerce nucléaires, et existe d'une manière limitée pour les données nucléaires, d'intérêt primordial pour les réacteurs.

Pour le futur il s'agit d'assurer au BCMN l'exploitation rationnelle de l'équipement actuellement existant ce qui implique essentiellement le rajeunissement de quelques appareils, un certain accroissement des effectifs et des surfaces de travail.

2. ETAT DE L'ACTIVITE DANS LA COMMUNAUTE

2.1. Les bureaux de standards

Dans la Communauté - en dehors du BCMN - existent trois laboratoires de métrologie "classique" : le Bureau International des Poids et Mesures (Sèvres), le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers (Paris) et la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Braunschweig). Le premier (25 personnes) est chargé de l'établissement et de la conservation des étalons fondamentaux et s'intéresse aux sources radioactives, aux rayons X et aux sources de neutrons. Le deuxième (également relativement restreint) collabore avec le précédent dans le dernier domaine, mais couvre en premier lieu une gamme de grandeurs classiques. Le troisième est un grand organisme (1100 personnes), qui s'occupe des même grandeurs, mais qui, dans le domaine nucléaire,

..//..

s'intéresse à la dosimétrie de neutrons et de rayons gamma (surtout à l'intérieur de réacteurs). Dans ce but l'institut dispose d'un réacteur de mesure. On y prépare aussi des sources calibrées de radionucléides. Un cyclotron destiné à des études fondamentales, a été commandé.

2.2. Laboratoires effectuant des mesures nécessaires au calcul des réacteurs

Ceux de Karlsruhe, de Saclay et de Cadarache sont les plus importants. Certains autres exécutent occasionnellement ce genre de mesures. Ils sont représentés, directement ou indirectement, au Comité Euratom des constantes nucléaires, et leurs rapports d'avancement sont groupés dans le "Progress Report on Nuclear Data Research in the Euratom Community" (document pour l'EANDC*).

2.3. Le Bureau Central de Mesures Nucléaires (Geel)

Conformément au Traité, le BCMN s'est installé pour jouer le rôle de Bureau de standards nucléaires de la Communauté. Le programme actuel du BCMN a été arrêté par la Commission en juillet 1960 et adapté en mai 1961. Il couvre :

- la préparation d'étalons et d'échantillons-étalons pour la science, l'industrie, le commerce et la médecine ;
- l'amélioration d'instruments et de méthodes de mesure ;
- les mesures précises de données nucléaires ;
- la recherche fondamentale, en relation avec des mesures de précision ;
- les étalonnages, les mesures et les analyses pour tiers ;
- la fabrication et l'analyse d'échantillons pour mesures nucléaires, pour le compte de tiers ;
- les relations avec les organismes de normalisation.

3. NECESSITE D'UNE ACTION COMMUNAUTAIRE

Les domaines en question ont une place primordiale à cause de leur influence directe sur le développement de l'énergie nucléaire.

*) EANDC = Comité Europe-Amérique des constantes nucléaires

Le BCMN y joue un rôle important en Europe (et même en dehors de l'Europe). Par conséquent, il apparaît indispensable que l'action en cours soit poursuivie et adaptée aux circonstances nouvelles.

4. PROPOSITIONS DE PROGRAMME

Il est proposé d'assurer la poursuite et le développement des activités actuelles du BCMN dans le domaine des mesures et étalons, action directe de la Communauté.

Il est en outre proposé de mettre en marche, à l'échelle européenne, l'harmonisation de la normalisation et de l'étalonnage facultatif d'instruments de dosage pour neutrons ou gammas (protection sanitaire).

4.1. Programme nucléaire

4.1.1. Mesure des paramètres neutroniques

Il faudra des années pour satisfaire les demandes, en particulier pour les réacteurs thermiques et rapides, et pour la construction d'étalons neutroniques valables. La précision élevée, exigée par les utilisateurs, a engendré une évolution vers des mesures raffinées. D'autre part les demandes entraînent la mesure de paramètres présentant également un intérêt direct pour la physique pure.

Cette évolution implique le rajeunissement de l'équipement de mesures et peut-être l'introduction de nouvelles techniques, comme l'utilisation de neutrons et d'échantillons polarisés.

Le problème majeur est d'assurer l'exploitation rationnelle de l'accélérateur linéaire, une des machines les plus modernes de son genre, et si possible du Van de Graaff, ainsi que des services connexes tels que le traitement des résultats et la sécurité.

L'accélérateur Van de Graaff ne couvre pas la gamme complète d'énergie de neutrons, rencontrées dans les réacteurs, Une étude sera effectuée pour voir si les nécessités actuelles exigent une nouvelle machine à haute intensité et à énergie plus élevée.

4.1.2. Radionucléides

Profitant de l'expérience et des connaissances étendues acquises il faut poursuivre le développement de nouvelles méthodes de mesures et l'amélioration de méthodes existantes. Ceci concerne surtout les mesures de précision de constantes nucléaires et de schémas de désintégration.

Le développement dans le domaine de mesures sur les radionucléides est si rapide, qu'une spécialisation toujours plus poussée est inévitable. Le raffinement des mesures de paramètres neutroniques entraîne en effet le raffinement des techniques de comptage et l'étude poussée d'aspects pratiquement négligés jusqu'ici (mesures d'énergie, de polarisation, de corrélations angulaires, etc). Le développement futur aura lieu dans ce sens, permettant en même temps d'accroître la contribution en recherches fondamentales.

4.1.3. Isotopes stables et fissiles

Les deux tâches principales dans ce domaine, à savoir :

- établir des étalons nucléaires
- fournir des informations sur les rapports isotopiques de matières nucléaires employées dans les laboratoires de recherche et dans l'industrie

seront poursuivies.

Il faut noter que la production d'échantillons pour mesures n'a souvent pas de sens sans informations exactes sur les rapports isotopiques des produits finaux et que le programme concernant les neutrons au BCMN ne peut pas être réalisé sans informations concernant la composition isotopique des matières à étudier.

../..

Le premier objectif à réaliser est d'assurer l'exploitation rationnelle des appareillages.

4.1.4. Préparation d'échantillons

Considérant l'augmentation des demandes, le capital investi, la formation du personnel spécialisé, la construction d'un bâtiment spécial pour la préparation d'échantillons et pour la spectrométrie de masse, la poursuite de tous les travaux commencés dans le domaine de la fabrication d'échantillons doit être considéré comme obligatoire ; les laboratoires de la Communauté comptent, en effet, sur les services du BCMN dans ce domaine. Ils seront fournis à un tarif tenant compte de la notion de service public.

L'augmentation du volume de travail et la diversité des demandes impliquent tant pour la sécurité que pour les délais, une légère augmentation de l'équipement et du personnel.

4.1.5. Service d'appui

La préparation et l'analyse des échantillons constituent un service éventuel et les laboratoires d'appui doivent être dotés de moyens suffisants pour pouvoir remplir convenablement leur rôle vital.

Une légère extension des laboratoires de chimie analytique et de spectrométrie de masse est inévitable pour faire face aux demandes accrues d'analyse. L'activité de normalisation d'appareils nucléaires électroniques devrait être étendue à la normalisation de méthodes et d'appareils et à l'étalonnage facultatif d'instruments normalisés pour la mesure de dose de neutrons et de gammas (protection contre les rayonnements).

Les services auxiliaires (atelier de mécanique, salle de dessin, soufflage de verre, entretien des bâtiments, etc.), la protection contre les rayonnements et l'administration doivent suivre l'ensemble.

4.2. Programme extra-nucléaire

Une extension du programme dans le domaine extra-nucléaire n'est pas prévue. Néanmoins des possibilités résultent de la mise en oeuvre de techniques classiques raffinées, et de l'accumulation d'expérience dans le domaine des accélérateurs, de l'analyse, de la métallurgie, de l'électronique, etc.

Parmi les possibilités d'actions directes ou de coordination, offertes on peut citer :

- la création d'un service européen d'étalonnage, action probablement pas réalisable à court terme, mais dont les travaux préparatoires pourraient commencer ;
- l'organisation d'un service pour analyse de matériaux (action directe) ;
- le lancement d'une action de normalisation européenne (d'abord dans le domaine nucléaire, notamment pour les instruments et procédés de mesure) ;
- la mise sur pied de laboratoires de contrôle de la conformité aux normes européennes.

5. MOYENS

Pendant la prochaine période quinquennale l'effectif moyen devrait être de l'ordre de 145 agents. Pour cette même période les dépenses sont estimées à 20 MUC maximum. Dans ce montant il n'a été tenu compte des frais de l'Ecole Européenne qu'à concurrence d'un montant proportionnel à l'effectif du BCMN.

III.3. LE REACTEUR D'ESSAIS DE MATERIAUX BR2

1. Introduction

Dans la Communauté, plusieurs réacteurs d'essai sont exploités pour y effectuer des essais d'irradiation de combustibles et de matériaux de construction dans des conditions les plus rapprochées de celles existant dans le réacteur auquel ces matériaux sont destinés.

2. La situation dans la Communauté

La Belgique a conçu et construit le réacteur BR2 dans l'optique double de satisfaire d'une part sa demande nationale en recherche et en développements industriels, et d'autre part de créer un outil d'avant-garde à l'époque, utilisable à l'échelle de l'ensemble des pays de l'Europe occidentale.

Dès la mise en service du réacteur, la clientèle a été essentiellement constituée par l'UKAEA, le CEA et le CEN. Progressivement, les besoins de la France en espace d'irradiation ont été satisfaits par de nouveaux réacteurs nationaux, Siloé à Grenoble, Pégase à Cadarache et surtout, depuis 1966, Osiris à Saclay.

Les difficultés financières de la Grande-Bretagne l'ont amenée à réduire son programme d'irradiation extérieure.

Les Pays-Bas disposaient pour le programme national du réacteur HFR dans lequel une priorité leur était réservée dans le cadre de l'accord, cédant ce réacteur à la Communauté.

Par contre, en République Fédérale d'Allemagne l'espace et le flux neutronique disponibles dans les réacteurs FR2 et MZFR à Karlsruhe ainsi que dans DIDO à Jülich sont insuffisants.

../..

L'Allemagne avait d'ailleurs renoncé à construire un véritable réacteur à haut flux, il y a 10 ans, étant donné qu'un tel réacteur était compris dans le 1er programme quinquennal de l'Euratom. En fait, l'Euratom a préféré conclure avec le CEN, à cette époque, une convention d'exploitation en commun de BR2 plutôt que d'utiliser les moyens prévus à l'Annexe 3 du Traité pour la construction d'un autre réacteur à haut flux. La République fédérale d'Allemagne, tant pour ses Centres de Recherches que pour son industrie privée, a progressivement augmenté sa demande d'utilisation de BR2 et actuellement la Gesellschaft für Kernforschung (GFK) de Karlsruhe négocie avec le CEN, en liaison avec la CEEA, un accord d'utilisation préférentiel du réacteur BR2 pour le projet de réacteur rapide germano-néerlandais-belge.

L'Italie n'a pas eu de programme d'irradiation dans le réacteur BR2, ses besoins de recherche étant couverts par Ispra I et les installations nationales (Avogadro) et partiellement par des installations hors Communauté.

3. Motivation d'une action Communautaire

Le réacteur BR2 est encore, à l'heure actuelle, le seul réacteur présentant des possibilités élevées de haut flux thermique et rapide et qui soit accessible à tous les utilisateurs de la Communauté. La Communauté avait décidé d'en faire l'outil prévu à l'Annexe V du Traité et c'est précisément au moment où l'industrie communautaire de construction de réacteur va se développer que le besoin d'un tel outil se fera sentir ; le taux d'utilisation a crû régulièrement et les prévisions pour les prochaines années sont élevées. Mais l'exploitation d'un tel réacteur ne peut pas se faire sur une base strictement commerciale : les frais d'exploitation, y compris l'amortissement, conduisent à un coût unitaire expérimental tel qu'il freine le développement industriel. Or dans les pays extra-communautaires, les prix de l'unité expérimentale

d'irradiation sont tenus en dessous du coût réel pour promouvoir le développement. Adopter une autre politique dans la Communauté conduirait inévitablement à défavoriser l'industrie communautaire ; l'exploitation d'un tel outil constitue essentiellement un service public. A ce sujet, il est utile de préciser la situation actuelle du réacteur BR2 sur le plan de la gestion financière.

La Convention conclue le 1.8.1960 entre Euratom et le CEN pour une durée de 20 ans est résiliée au 31.12.1967, mais elle a été prolongée pour un an suite à la recommandation du 8.12.1967 du Conseil des Ministres, toutefois sans apport financier de la Communauté sauf celui représenté par son personnel affecté à l'exploitation (40 agents).

Les dépenses nettes (investissements initiaux du CEN + investissement commun + frais de fonctionnement - recettes) au 31.12.1967 se montent à 41,5 MUC qui se répartissent comme suit :

EURATOM	18,5 MUC	(= 45 %)
CEN	23,0 MUC	(= 55 %)

Par le processus de répartition des recettes accordées par priorité au CEN, Euratom a acquis un droit sur environ 40% de l'ensemble des investissements existant au GEX - BR2.

D'autrepart les expériences à réaliser par un réacteur de ce type sont, par nature, de longue durée tant par leur préparation que par leur exécution et par l'analyse des résultats. Elles s'étalent normalement sur plusieurs années.

4. Programme proposé

4.1. Mode de coopération

Compte tenu de l'importance que présente la disponibilité d'un tel outil pour l'industrie et la recherche communautaires et de l'importance de l'investissement communautaire qu'il présente sur le plan financier, il paraît opportun de conserver à la Communauté un droit d'utilisation appropriée.

La formule du contrat d'association a donné lieu à des critiques diverses et il a donc été envisagé de proposer une autre méthode, celle-ci peut-être trouvée dans la création d'une entreprise commune dont les fondateurs seraient le CEN et la Communauté. Cette entreprise serait ouverte, le cas échéant, à d'autres membres qui en manifesteraient le désir.

4.2. Utilisation prévue

Un accord germano-belgo-néerlandais a été signé pour la construction en commun d'un prototype de réacteur rapide. Pour assurer les essais d'irradiations nécessaires dans le cadre de ce programme, un accord est actuellement en cours de négociation entre le CEN et la Gesellschaft für Kernforschung (GFK) qui prévoit une utilisation du BR2 par moitié entre la GFK d'une part et le CEN et Euratom d'autre part, tout en réservant les droits de ce dernier.

Le programme allemand est constitué, pour la plus grande partie, par les besoins de la GFK dans le cadre du programme "rapides". En outre, il est prévu d'effectuer des essais tant pour le projet THTR du Centre de Jülich que pour Siemens et Babcock.

La Belgonucléaire procédera, également dans le cadre du programme "réacteurs rapides", à des études du comportement en pile des différents combustibles. Le CEN complètera ce programme et produira en plus de l'Actinium destiné aux programmes spatiaux ainsi qu'à la production d'autres radioisotopes qui seront vendus dans le cadre d'une association entre le CEN belge, le CEA français et la SORIN.

L'utilisation de la part d'Euratom de l'espace d'irradiation dépendra du programme de la Commission, notamment en ce qui concerne l'étude des transuraniens. En outre, Euratom pourra assurer l'accès au BR2 pour les pays membres de la Communauté par exemple en cas d'une panne importante d'un des réacteurs des Centres nationaux.

4.3. Premières considérations sur l'entreprise commune projetée

La base juridique de l'entreprise commune est donnée par l'art. 45 du Traité instituant la Communauté Européenne à l'Energie Atomique. Les dispositions des articles 46 à 51 du Traité laissent une grande latitude aux institutions de la Communauté quant aux activités que ces entreprises peuvent avoir pour objet et quant aux statuts juridiques qui peuvent les régir. Il semble dans ce cas particulier que la préférence à une société de droit commercial présenterait des avantages.

Le personnel de l'entreprise commune sera constitué principalement par des membres de l'ancien groupe commun d'exploitation de l'association CEN-Euratom.

La durée minimum de l'entreprise commune serait de 5 ans à partir du 1.1.1969. Toutes les questions relatives au personnel seront de la compétence du Conseil d'Administration qui pourra déléguer une partie de son pouvoir au Comité de Direction.

Les membres fondateurs de l'entreprise commune BR2 seront le CEN et Euratom. La constitution du Capital de l'entreprise commune est assurée par des apports en nature (immeubles et équipements) soit par des apports financiers. Les apports en nature des deux partenaires comporteront les parts de biens qui leur appartiennent sur la base de l'ancienne convention BR2.

L'apport financier nécessaire pour couvrir la différence entre les frais de fonctionnement de l'entreprise commune BR2 d'une part et les recettes provenant des clients d'autre part est assurée par des versements du CEN.

L'apport de la Communauté constituerait en outre la mise à la disposition de son personnel (40 agents) qui se trouve déjà sur place.

../..

Les apports de la Communauté pourraient se faire par exemple dans le cadre de l'art.6 du Traité.

Le droit d'utilisation gratuite acquis en contrepartie des contributions au financement sera défini dans l'acte de constitution de l'entreprise commune ainsi que les principes de tarification pour les tiers.

5. Moyens

Il est proposé de limiter la contribution de la CEEA à l'entreprise commune à l'apport de la quote-part des investissements existants et à la mise à disposition d'un effectif équivalent à celui actuellement affecté à l'association, soit 40 agents.

La charge financière constituée par cet effectif représente pour 5 ans un montant de 2,5 MUC.

III - 4. L'UTILISATION DU REACTEUR HFR

L'utilisation des positions expérimentales du réacteur, bonne en 1965 (60 %) et 1966 (70 %), a connu en 1967 une décroissance notable (50 %) due à la conjugaison de plusieurs raisons, notamment la mise en service d'OSIRIS et la réorientation de certaines activités d'Euratom.

La recherche de nouveaux clients et le développement des programmes d'études de matériaux dans le Centre Commun ont permis de redresser progressivement la situation en 1968 et on prévoit, pour 1969, une utilisation pouvant atteindre au moins celle de 1966.

1. PROGRAMME FUTUR

Le fonctionnement d'un réacteur d'essai comme le HFR, destiné essentiellement à des recherches sur les matériaux et les combustibles, se justifie par l'ampleur des programmes de recherche dans ce secteur. Il convient de remarquer que le genre de travail effectué à l'aide du réacteur HFR présente les mêmes caractéristiques de longue durée que celui effectué avec BR2.

Il est par conséquent nécessaire d'évaluer en termes de travail d'irradiation dans le HFR, les différents objectifs des programmes matériaux, réacteurs à gaz à haute température, conversion directe, etc :

- Etude du comportement de matériaux de structure (graphites nucléaires, graphite isotrope, graphites imprégnés, pyrocarbone, alliages de zirconium et autres, matériaux à phase dispersé, aciers, métaux réfractaires, matériaux à haute pureté, etc...) :
essais à court et long terme, tenue au fluage, essais sous tension, essais mécaniques, caractérisation, etc...
- Etude du comportement de matériaux combustibles, fissiles et fertiles, purs ou mixtes, en pastilles, sous forme de particules enrobées, etc... (oxydes, carbures, nitrures, etc...) :
examen du gonflement, essais de fluage, mesure de hautes performances, travaux d'optimisation.

Une grande partie du volume disponible pour les irradiations sera donc utilisée dans le cadre du programme propre. La possibilité de varier l'ampleur de ces programmes internes d'irradiation permettra toutefois de donner une priorité aux expériences demandées par des tiers utilisateurs. Cela permettra de diminuer les dépenses nettes de fonctionnement. En même temps, le taux d'utilisation du réacteur pourra se maintenir élevé.

Parmi les tiers utilisateurs, il faut citer le RCN, dont les programmes peuvent engager près de 25 % du volume disponible, et les industries de la Communauté engagées dans le secteur de la fabrication des combustibles pour réacteurs de type conventionnel, qui occupent avec une certaine régularité des positions d'irradiation.

Il y a enfin les utilisateurs tiers, qui attirés par le programme de recherche de matériaux développé à Petten se joignent à nos programmes d'irradiation. Le cas de graphite est typique. Dans le réacteur HFR convergent des expériences d'irradiation de graphite provenant de DRAGON, de l'industrie de la Communauté et de programmes propres au Centre de Petten. La coordination de tous ces programmes devient ainsi relativement facile et permet une meilleure comparaison des données obtenues.

Les services essentiels du réacteur HFR sont les suivants :

- a) Exploitation du réacteur et des installations annexes ;
- b) Développement, étude et construction de dispositifs d'irradiation ;
- c) Essai des dispositifs, chargement et déchargement des échantillons, surveillance pendant les irradiations ;
- d) Amélioration du réacteur HFR.

- Point a : Ces services sont fournis par le RCN, sous contrat
- Point b : On concentre à Petten le développement des dispositifs d'irradiation pour les besoins du programme interne d'irradiations

En particulier, on vient de terminer la phase de développement des dispositifs de type conventionnel. Certaines études doivent être poursuivies, dont essentiellement le développement de dispositifs pour mesures en pile de variations dimensionnelles, ensuite leur amélioration pour l'obtention et la mesure des hautes et très hautes températures, et autres problèmes. Des contacts étroits sont maintenus dans ce secteur avec d'autres services existant dans les autres Centres de la Communauté (réacteur Siloé, Grenoble), et du Royaume Uni (A.E.R.E., Harwell), dans le cadre de l'accord Euratom-UKAEA.

-Point c : Ces services qui occupent actuellement 12 personnes sont à renforcer.

-Point d : Le programme d'amélioration du réacteur permet de mieux exploiter ses qualités potentielles.

Il comprend la centralisation du contrôle de régulation, ainsi que la digitalisation des sorties pour toutes les expériences d'irradiation, l'étude d'une configuration plus compacte du coeur afin d'obtenir un flux plus élevé pour une même puissance totale, l'utilisation d'un élément de combustible cylindrique creux pour des irradiations particulières, et enfin des améliorations technologiques et d'instrumentation.

La compatibilité hydraulique des diverses configurations est étudiée au moyen des boucles hydrauliques d'essai en fonctionnement.

2. MOYENS NECESSAIRES

- L'exploitation du réacteur, sous contrat RCN représente de l'ordre de 12,5 MUC pour les 5 ans à venir.

- Le développement des dispositifs expérimentaux et le programme d'amélioration du réacteur font appel à 55 agents, soit une dépense totale l'ordre de 7 MUC.

- Au total : 19,5 MUC pour la prochaine période quinquennale. A noter que les travaux pour tiers conduiront à des recettes, difficiles à préciser à long terme, mais dont la base pourrait être de l'ordre de 4 MUC.

III.5. APPLICATIONS INDUSTRIELLES DES RAYONNEMENTS ET ISOTOPES

1. NECESSITE D'UNE ACTIVITE COMMUNAUTAIRE

Dans la Communauté, un retard très important se manifeste dans l'application des rayonnements et isotopes par rapport à des pays des plus industrialisés (Japon, Etats-Unis, Pologne, Angleterre, Allemagne de l'Est, U.R.S.S.) qui y consacrent 5 fois plus de moyens. Ce retard touche l'industrie pharmaceutique, la radioconservation de certaines denrées alimentaires, les produits chimiques, les textiles, etc...

Remédier à cette situation est une tâche communautaire, compte tenu en particulier de la difficulté de transférer les connaissances dans l'industrie, de la dispersion des techniques, des moyens importants qu'il faut parfois engager, de la nécessité d'entreprendre des études d'intérêt général sur les conditions technico-économiques, réglementaires, etc...

2. PROGRAMME FUTUR

Les activités du Bureau Eurisotop poursuivent de tels buts depuis novembre 1961. Elles devraient se prolonger dans les directions suivantes:

2.1) Stimulation et diffusion des applications industrielles

- Information et documentation: en complément de l'action des organismes nationaux dans ce secteur, sélection et diffusion des informations relatives au développement des applications industrielles dans les pays de la Communauté et tiers (diffusion de publications, organisation de conférences, "clearing-house" d'information, services de consultations).

- Actions communautaires de promotion exécutée en faveur d'un secteur industriel déterminé (action TEXTIL) ou bien d'une application nucléaire particulière (action IRAD) qui se caractérisent par la mise en commun d'expériences et spécialisations très différentes et de moyens techniques importants.

2.2) Création des conditions non techniques

Des facteurs de nature sociale, administrative ou commerciale limitent la diffusion des applications. En vue de réaliser des

infrastructures adéquates, des actions différentes doivent être envisagées comme l'exécution d'études sur la portée économique et les aspects techniques, sociaux et administratifs de ces applications, l'élaboration des recommandations en matière de normalisation technique (favorisant la libre circulation des moyens d'application) et l'organisation d'un échange de spécialistes interdisciplinaires et intracommunautaires.

2.3) Promotion du développement des techniques d'application:

Contribuer au développement des techniques des rayonnements et isotopes, lié à celui des moyens d'application (sources radioactives, accélérateurs, réacteurs nucléaires), des appareillages (détecteurs de radiations, appareils radiométriques, installations radiochimiques), des méthodes d'application (marquage, analyses) et des installations d'irradiation.

Les domaines dans lesquels ces actions doivent se concentrer sont les suivants:

- Isotopes et sources de rayonnements: rationalisation de leur production industrielle et assurance d'une offre quantitativement et qualitativement suffisante au développement des applications des actions de coordination et d'appui, mise à disposition des moyens d'irradiation pour la production d'isotopes, etc. ...
- Appareillage et procédés d'application: mise en valeur des résultats de recherche, leur éventuelle intégration par des actions techniques complémentaires, réalisation sur le plan communautaire des projets d'industrialisation.

3. MOYENS NECESSAIRES

Il est proposé de ne prévoir actuellement des crédits d'action indirecte que pour 2 ans soit 0,5 MUC. Par contre le personnel, qui assurera une activité de coordination, est prévu pour 5 ans.

III.6 DIFFUSION DES CONNAISSANCES

1. Activités en cours et développement

Conformément à la mission de la Communauté en matière de Diffusion des connaissances, telle que l'a définie le Traité, le Centre d'information et de documentation (CID), d'une part, assure la diffusion des connaissances acquises au cours de l'exécution du programme de recherche de la Communauté; d'autre part, pour mieux aider au développement de la recherche et de l'industrie nucléaire, a conçu et mis en oeuvre différentes actions destinées à faciliter l'accès à l'ensemble des connaissances d'intérêt nucléaire disponibles dans le monde.

1.1. Amélioration de l'accès aux connaissances disponibles

C'est en liaison étroite avec les experts de la Communauté, et notamment les responsables des centres nationaux de documentation nucléaire, que le CID développe cette action, de façon à constamment vérifier le caractère complémentaire par rapport aux actions nationales des objectifs poursuivis. D'ailleurs, par leur nature même, et pour assurer la rentabilité des investissements nécessaires, ces objectifs ne sont concevables qu'à la dimension d'un organisme communautaire.

1.1.1. le Système automatisé de documentation nucléaire

C'est le seul système automatisé de documentation qui existe actuellement couvrant le domaine des sciences et techniques nucléaires.

Au 31.12.67, la collection emmagasinée sur les mémoires d'un ordinateur représentait plus de 600.000 documents (ouvrages, rapports, articles), et elle s'accroît de plus de 100.000 documents nouveaux par an. La tenue à jour de cette collection doit être

poursuivie. Elle se fait actuellement essentiellement sous contrat avec des spécialistes de la Communauté; progressivement, on substituera à ces contrats des accords bilatéraux avec des organismes d'Etat qui fourniront au CID leur contribution à l'alimentation du Système en échange du droit de l'utiliser et de l'expérience acquise.

Depuis novembre 1966, le Système est ouvert à ses utilisateurs. L'effectif disponible n'a permis jusqu'ici de procéder qu'à un service réduit de recherches documentaires ad hoc; il est essentiel de disposer des moyens pour élargir ce service et de le compléter par un service d'information sélective périodique, permettant de fournir régulièrement aux utilisateurs du Système une sélection des documents nouveaux répondant à leurs "profils d'intérêt".

Enfin, il importe d'améliorer le Système; d'une part, en étudiant la possibilité de mettre en mémoire, en plus de la substance scientifique des documents analysés, les indications bibliographiques, administratives, etc., qui s'y rapportent, de façon à ce que le Système puisse plus largement être utilisé directement par des tiers (et notamment par les centres nationaux de documentation des Pays de la Communauté); et, d'autre part, en l'adaptant, au fur et à mesure aux possibilités nouvelles qu'offre le perfectionnement technique des ordinateurs, de façon à pouvoir intégrer, le cas échéant, l'acquis du CID dans un système plus large de coopération internationale.

1.1.2. Documentation en matière de brevets nucléaires

Pour être en mesure d'informer l'industrie nucléaire européenne de la technique brevetée, afin qu'elle puisse apprécier ses possibilités d'exploitation, acquérir des licences, etc., et aussi pour les besoins de son Système automatisé de documentation,

le CID a constitué une documentation en matière de brevets nucléaires qu'il se doit de tenir à jour, compte tenu des besoins qui se manifestent.

1.1.3. Accès à la littérature nucléaire orientale

La publication du "Bulletin Transatom" doit être poursuivie; il permet une meilleure connaissance des résultats obtenus dans le domaine de la recherche nucléaire occidentale et de substantielles économies dans les frais de traductions, en évitant des doubles emplois coûteux.

1.2. Diffusion des connaissances acquises par la Communauté

L'article 13 du Traité oblige la Commission à poursuivre la diffusion des connaissances acquises au cours de l'exécution du programme de recherche. Ces connaissances font l'objet, selon leur nature, de l'édition de "communications Euratom" (à diffusion restreinte), de "rapports Euratom" (à diffusion libre) ou enfin d'articles de périodiques dont le CID achète des tirés-à-part pour les besoins des services.

Au 31.12.67, ont ainsi été diffusés : 1.737 "communications Euratom", 3.299 rapports Euratom et 1.666 articles scientifiques. Le périodique "Euratom-Information" signale tous les mois, par un bref résumé, les rapports et articles publiés, ainsi d'ailleurs que les nouveaux contrats de recherche et les brevets.

1.3. Gestion des bibliothèques nucléaires du Centre Commun de Recherche

Il s'agit là d'une activité de service, au bénéfice des chercheurs du CCR. La dispersion géographique du Centre Commun de Recherche a imposé l'installation de fonds de bibliothèques d'importance variable dans chaque établissement. Le transfert à Luxembourg de certains services, dont le CID, va de même imposer la création à Luxembourg d'une sixième bibliothèque nucléaire.

./ .

2. Les moyens nécessaires

Au cours du 2ème programme quinquennal, l'action "Diffusion des Connaissances" a disposé de 8,4 MUC. Ses effectifs ont plafonné à 109 personnes.

Pour les cinq ans à venir, compte tenu de l'urgence qu'il y a à parfaire le service rendu par le Système de documentation, de la prise en charge du Centre communautaire de diffusion des rapports nucléaires, des résolutions adoptées par le Conseil des Ministres les 31 octobre et 8 décembre 1967, de l'incidence du transfert des services à Luxembourg (création d'une nouvelle bibliothèque) :

les besoins de l'action "Diffusion des connaissances" sont évalués à 12,5 MUC. L'effectif moyen serait de 125 personnes.

Les recettes escomptées, notamment grâce à la diffusion des rapports techniques et au service de documentation, se situeront vraisemblablement entre 1,5 et 2 MUC.

III - 7. ENSEIGNEMENT ET FORMATION

1. CADRE DE L'ACTION - INTRODUCTION

Les travaux poursuivis dans différentes enceintes au sujet de l'ensemble des problèmes qui peuvent être rangés sous le vocable "écarts technologiques" ont montré avec une netteté accrue l'importance du rôle de l'enseignement et de la formation dans toute politique de recherche scientifique et technique.

D'autre part, les auteurs du Traité instituant la CEEA ont explicitement fait mention des activités d'enseignement et de formation parmi les moyens à mettre en oeuvre pour accomplir la mission qui lui est assignée par le Traité.

2. NECESSITE DE POURSUIVRE CETTE ACTION DANS LE CADRE COMMUNAUTAIRE

L'on peut se référer à la résolution du Conseil du 31 octobre 1967 (Luxembourg) qui prévoit l'examen des moyens d'assurer une formation coordonnée et un échange plus intensif de scientifiques, bien entendu, au-dessus du cadre national.

La Conférence des Ministres de la Science des pays membres de l'OCDE (Paris, 11 et 12 mars 1968) a consacré une partie importante de ses travaux aux problèmes d'enseignement et de formation, notamment sous l'aspect des liaisons enseignement-recherche. Les recommandations adoptées à cette occasion prévoient notamment:

- l'étude en coordination avec les autres organisations internationales intéressées des problèmes que soulève l'adaptation permanente des structures universitaires aux besoins en constante évolution de la recherche fondamentale et de la formation de scientifiques;
- des études ayant pour objet d'identifier les obstacles que rencontre la mobilité des chercheurs et de ressources budgétaires, ainsi que les moyens propres à éliminer.

Les établissements du CCR disposent d'une capacité d'accueil (équipements et personnel scientifique) de stagiaires et de boursiers qui, faute de crédits suffisants, n'est que très partiellement mis à profit. Les possibilités de collaborer avec les établissements d'enseignement scientifique et technique, et partant d'apporter une contribution significative à la formation de personnel hautement qualifié indispensable au développement de la recherche et des industries communautaires, en sont réduites d'autant et pourraient être utilement accrues.

D'autre part, l'exercice de certaines activités d'enseignement et de formation - sous forme d'accueil de stagiaires et boursiers - est vivifiant pour les centres de recherches et, plus spécialement pour les centres de recherches extra-universitaires (voir à ce propos les travaux du Conseil de l'Europe et, en particulier, l'étude parue en 1967 "Centres extra-universitaires de recherche et leurs liens avec les universités").

3. LES ACTIVITES PASSES

L'action de la Commission a consisté en l'accueil de

- 3.1. stagiaires étudiants de l'enseignement technique ou de l'enseignement supérieur qui sont sur le point de terminer ou qui viennent de terminer leurs études. Les objectifs poursuivis sont:
- familiarisation avec le travail de laboratoire;
 - exécution d'un stage obligatoire prévu par l'établissement d'enseignement fréquenté;
 - préparation d'un mémoire de fin d'études;
 - spécialisation de techniciens récemment diplômés.

La durée des stages est variable en fonction du niveau scolaire du stagiaire et de l'objectif poursuivi: elle va d'un minimum de 2 mois à un maximum d'un an.

3.2. stagiaires qualifiés

et en l'attribution de

3.3. bourses - à des chercheurs et ingénieurs qui souhaitent se spécialiser;

- à des chercheurs préparant une thèse de doctorat;
- à de jeunes professeurs.

La durée maximum, en principe 2 ans, est fréquemment insuffisante pour la préparation d'une thèse.

Ces trois activités ont absorbé 83 % des crédits de cet objectif au cours du IIème programme. Le reste a été réparti entre :

3.4. les colloques et l'aide aux institutions scientifiques (10 %)

3.5. la formation du personnel scientifique et technique (7 %)

principalement l'organisation de cours de formation pour les agents techniques des établissements du CCR.

La moyenne annuelle des crédits consacrés à l'ensemble de ces activités pendant la période 1963-1967 a été de 0,490 Muc.

A titre comparatif, le budget du Comité du Personnel scientifique et technique de l'OCDE, qui ne couvre pas les dépenses de personnel de cette organisation ni l'organisation de stages et de bourses, mais est essentiellement un budget d'étude de problèmes du même type, en recourant notamment à des experts extérieurs, est de 0,350 Muc pour 1968 et les prévisions pour 1969 sont de 0,430 Muc.

3.6. l'harmonisation des enseignements techniques et techniques supérieurs

4. PROGRAMME PROPOSE POUR LES ACTIVITES FUTURES

Les activités envisagées pour la prochaine période quinquennale seront dans l'ensemble de même nature que celle de la période écoulée. L'action en matière d'harmonisation des enseignements sera poursuivie. L'augmentation des crédits demandés, 7 Muc contre quelque 2,5 Muc, se répartit et s'explique par la nécessité de combler les lacunes flagrantes et de tirer un meilleur parti du potentiel dont on dispose :

4. 1. Pour les stages et les bourses

- a) les services des établissements du CCR sont en mesure d'accueillir de 2 à 3 fois plus de stagiaires et boursiers;
- b) il est souhaitable que stages et bourses ne se limitent pas aux établissements du CCR (par exemple centrales de puissance, usines de retraitement, etc...);
- c) il est indispensable d'assouplir la politique en matière de durée (en particulier pour les bourses de thèse) et cela ne peut se faire en réduisant encore le nombre de bénéficiaires;

- d) les actions spécifiques de formation interdisciplinaire telles que la formation des radiobiologistes devront être poursuivies, développées, diversifiées;
- e) il faudra, dans certains cas, revoir les montants des indemnités de stage et de bourse;
- f) le régime des stagiaires-qualifiés doit être revu de manière à accueillir pendant des périodes strictement limitées (en évitant les reproches de recrutement déguisé) de véritables stagiaires-qualifiés à des conditions financières acceptable

4. 2. Pour les colloques et l'aide aux institutions scientifiques

Il importe de pouvoir stimuler des réalisations plurinationales dans des domaines tels que

- groupement de sociétés savantes;
- organisation conjointe de cycles d'études avancées;
- organisation de sessions de "recyclage".

4.3. Pour la formation du personnel scientifique et technique

Les opérations de formation du personnel technique, principalement sous forme de cours organisés à l'intérieur des établissements du CCR doivent être poursuivies et développées.

D'autre part, il est urgent de mettre en route un programme de recyclage systématique du personnel scientifique. Cette urgence résulte du vieillissement inéluctable du personnel et de l'évolution rapide des sciences et techniques. Ce besoin de recyclage sera encore accentué par la réorientation des activités du CCR, dans l'esprit de la résolution du Conseil du 8 décembre 1967 (utiliser au mieux les installations existantes et les installations dont on dispose - recherche sur des activités non nucléaires).

5. MOYENS NECESSAIRES POUR 5 ANS

L'effectif comprend 10 agents et la dotation prévue est de 7 nuc.

III - 8 ACTIVITES DE COORDINATION

1. Généralités

Ainsi qu'elle l'a déjà souligné dans son rapport d'ensemble, la Commission estime que le programme de recherche de la Communauté comporte nécessairement une part de coordination pour garantir l'efficacité du rôle de complémentarité qui le caractérise.

Cette action, qui s'ajoute à celle inhérente à la poursuite des objectifs énumérés ci-avant, contribuera à la mise en valeur des connaissances acquises et leur utilisation optimale au stade industriel.

Elle sera assurée essentiellement par du personnel du siège et fera appel, en fonction de la nature spécifique des domaines considérés, au potentiel des compétences scientifiques et techniques dont dispose la Commission et le CCR, elle comporte notamment le personnel d'élaboration et de gestion d'ensemble du programme commun de recherche.

2. Description de quelques activités

2.1) Echange d'expériences sur l'exploitation des centrales nucléaires et assistance technique

L'échange d'expérience sur l'exploitation de centrales nucléaires organisé conjointement par la Commission et les producteurs d'électricité permet aux exploitants de réacteurs de puissance d'éviter la répétition de difficultés techniques, et aux firmes de la Communauté de coordonner leurs efforts en vue de trouver des solutions aux problèmes technologiques. Cet échange d'expériences est complété par l'assistance technique aux exploitants, consistant en détachement de personnel qualifié, notamment pour aider les producteurs d'électricité qui envisagent dans leurs programmes d'expansion la construction de centrales nucléaires et qui n'ont pas suffisamment d'expérience en cette matière.

Ces activités conduiront à définir de commun accord des travaux d'intérêt général qui pourront être exécutés dans les établissements du Centre Commun de Recherche, dans la mesure où y existent des compétences et des installations appropriées (voir ch. I - 5. c). Un des ob-

jectifs particuliers serait d'intervenir activement par le personnel détaché aux différents centrales nucléaires dans la mise en oeuvre et la démonstration "in situ" des nouvelles techniques ainsi développées.

2.2 Cycle de combustible

Une utilisation rationnelle des matières fissiles implique une politique coordonnée allant de l'approvisionnement des matières de base jusqu'au retraitement et au stockage des déchets provenant des combustibles usés.

L'absence de ressources appréciables en uranium sur le territoire des Etats membres et l'obligation de fournitures extérieures entraîne la nécessité d'une politique coordonnée d'approvisionnement qui tient compte des méthodes les plus économiques de prospection, d'extraction et de traitement.

La Commission participe, par ailleurs, au groupe de travail ad hoc du Comité Consultatif de la Recherche Nucléaire, créé par le Conseil pour examiner les problèmes de l'approvisionnement à long terme de l'uranium enrichi.

La Commission se propose de promouvoir avec les exploitants et les fabricants une gestion concertée de la matière fissile dans les réacteurs (voir Ch. II - 1) et en dehors de ceux-ci pour aboutir à une utilisation plus rationnelle et plus économique de l'ensemble des ressources.

Dans le domaine du retraitement du combustible, la Commission estime indispensable la coordination des initiatives à l'échelle de la Communauté, en vue de définir avec les intéressés la politique la mieux adaptée en matière d'installations nouvelles ou d'aménagement d'installations existantes. La Commission doit aussi examiner avec les intéressés et les responsables des pouvoirs publics nationaux les problèmes que pose le stockage des résidus vis-à-vis de la santé publique, ainsi que la valorisation éventuelle de certains d'entre eux.

Pour s'effectuer dans les meilleures conditions de sécurité et d'économie, les transports de matières radioactives doivent être soumis à des réglementations à la fois strictes et bien conçues, harmonisées entre tous les pays de la Communauté et, si possible, en conformité avec les réglementations des pays tiers.

Enfin, les mouvements de quantité de plus en plus considérables de matières fissiles amènent à se pencher sur la mise au point et la standardisation des mesures non destructives de teneur en matières fissiles, de manière à les rendre efficaces et précises au moyen de méthodes simples et sûres qui n'en augmentent ni le coût, ni les délais.

2.3. Etudes de développement d'équipements

Le foisonnement qui a marqué les études sur les cuves en béton précontraint et l'isolation thermique risque d'introduire un facteur de dispersion. Des organismes techniques des pays membres en ont pris conscience et se sont mis d'accord pour préparer des standards communs.

La Commission est disposée à apporter son concours à cette tâche essentielle de coordination et d'harmonisation et à participer à la mise au point d'une réglementation européenne, pour le calcul des cuves et leur contrôle.

Pour l'isolation thermique, où des recherches complémentaires destinées à fournir une meilleure compréhension des phénomènes dans les structures isolantes complexes restent à effectuer, la Commission propose d'utiliser son expérience et les connaissances accumulées pour harmoniser et éventuellement établir des normes d'essai, de contrôle et de réception.

Les conditions très sévères de fonctionnement des systèmes de transfert thermique sont à l'origine d'incidents assez nombreux qui ont affecté les centrales nucléaires de tous types.

Il est proposé que la Commission, en réunissant les principaux experts, analyse avec eux les problèmes qui se posent, coordonne les programmes de développement et organise un échange complet d'expériences.

2.4. Prolongements industriels

La Commission se propose à cet égard:

- a) de mettre en oeuvre les moyens nécessaires lui permettant d'être constamment informée de la situation et de l'évolution des divers secteurs industriels mentionnés à l'annexe II du Traité et de tenir ainsi à jour et d'améliorer "la vue d'ensemble de la situation des industries nucléaires de la Communauté" que l'article 213 de ce Traité lui faisait

obligation d'établir dans les six mois de son entrée en fonction. Ces moyens consisteront en particulier à procéder à diverses études et à établir ou approfondir des liaisons avec les personnes et entreprises responsables.

- b) de compléter cette vue d'ensemble par l'étude approfondie des projets d'investissements que les personnes et entreprises relevant des secteurs industriels énumérés à l'annexe II déjà citée sont tenues de lui communiquer en vertu de l'article 41 du Traité.
- c) de formuler, sur la base des informations recueillies ainsi que des études auxquelles elle procédera ou fera procéder (cf. Etudes technico économiques), des recommandations concernant les mesures à prendre en vue d'une meilleure utilisation du potentiel industriel existant, d'un accroissement des capacités de production et éventuellement de la création d'industries nouvelles.
Ces recommandations pourront notamment être liées à la définition des programmes indicatifs.
- d) étudier et mettre en oeuvre un certain nombre d'actions de promotion industrielle pouvant conduire notamment à la création d'un fonds de promotion industrielle et à l'octroi d'aides coordonnées au niveau communautaire, telles que la création d'entreprises communes à but industriel (chapitre V).

2.5. Action d'harmonisation des techniques de sécurité

Cette action a été lancée dès 1959 sous forme d'études, cas par cas, portant sur des projets spécifiques d'installations. Graduellement s'est manifesté le besoin d'une coordination et d'une harmonisation plus systématique, confirmé notamment par des propositions précises de certains Etats membres en 1965. Cette harmonisation porte en particulier sur:

- l'uniformisation des rapports de sécurité et des spécifications techniques;
- la confrontation des méthodes de travail utilisées;
- la normalisation de certaines pièces et parties de réacteurs (codes de fabrication, contrôle de qualité).

Elle est menée en y associant tous les milieux intéressés, c.à. d. les exploitants, les organismes de sécurité et de contrôle et les constructeurs.

Cette double activité d'études cas par cas et d'harmonisation générale doit être poursuivie dans l'avenir en mettant en particulier l'accent sur l'examen de problèmes techniques nouveaux (par exemple les nouvelles méthodes de contrôle et d'instrumentation, les conditions d'exploitation poussée, les problèmes liés à l'exploitation des connaissances acquises lors de la construction et de l'exploitation de centrales de puissance élevée) et sur l'étude des défaillances d'équipement et des incidents qui peuvent intervenir dans des installations existantes. Cette action d'harmonisation a, en outre, pour effet, de faire apparaître la nécessité de réaliser des recherches expérimentales et analytiques, ce qui suppose la définition et la mise en oeuvre de programmes de recherches prenant en considération aussi bien les préoccupations des utilisateurs (organismes de sécurité et de contrôle, exploitants et constructeurs) que celles des organismes de recherche. De tels programmes doivent, si on veut éviter les duplications et les dispersions, être définis et mis en oeuvre de façon concertée. Cette concertation permettrait, en outre, l'amélioration des échanges d'informations avec les états tiers.

2.6. Dessalement de l'eau de mer

Les besoins de la communauté en eau augmentent rapidement et, dans certaines zones, les ressources naturelles ne suffisent déjà plus aux besoins. Le recours à des centrales nucléaires à double fin - production d'énergie et d'eau douce - peut constituer un débouché appréciable pour l'industrie nucléaire de la communauté. Les marchés à l'exportation sont également à considérer.

L'importance économique du problème justifie que la Commission suive les développements en cours, de façon à dégager avec les milieux intéressés les voies les plus prometteuses.

2.7. Propulsion navale nucléaire

Le développement pendant les dernières années dans la navigation marchande, notamment l'introduction des navires porteconteneurs dans le marché du transport, présente maintenant des conditions favorables pour l'application navale de l'énergie nucléaire. Une coordination, avec la collaboration des services de la Commission, pourrait considérablement

renforcer l'efficacité des efforts nationaux.

La Commission envisage de se retirer d'actions indirectes (contrats d'association, etc..) en faveur d'une activité de coordination, avec une période de transition d'au moins un an, pendant laquelle elle participerait encore à l'exploitation du navire "Otto Hahn" pour permettre la mise à disposition de la Communauté des connaissances correspondantes et sauvegarder l'efficacité de l'ensemble des efforts dans la Communauté; en effet, les anciens partenaires de la Commission dans le cadre de contrats d'association en matière de propulsion navale sont prêts à continuer, à leur propre compte, leurs programmes de recherche et de développement, à les concerter et à échanger les expériences s'y référant, pourvu que les résultats des premières années d'exploitation du navire "Otto Hahn" soient mis à leur disposition et qu'un certain nombre de travaux d'intérêt général, choisis de commun accord, puissent être effectués au Centre Commun de Recherche.

3. Moyens

Il est envisagé d'affecter à ce type d'activités un effectif moyen de 110 personnes et une dotation de 7,65 MUC dont 1,05 MUC à consacrer aux actions indirectes : 0,35 pour la propulsion navale et 0,7 pour l'action d'harmonisation des techniques de sécurité.

D. TABLEAUX RECAPITULATIFS

- Répartition des effectifs (moyenne sur la période quinquennale).
- Récapitulation des dotations proposées.
- Récapitulation des dotations estimées pour une période de 5 ans.

REPARTITION INDICATIVE DES EFFECTIFS

(moyenne sur la période quinquennale)

(en nombre d'agents)

Objectifs	Ispra	Karlsru.	Geel	Petten	Siège et contrats	TOTAUX
<u>Dével. réacteurs</u>						
Réacteurs rapides	70	-	-	-	55	125
Réacteurs eau lourde	350	-	-	-	-	350
Réact. à gaz à haute temp.	60	-	-	30	25	115
Réact. éprouvés à eau légère	10	-	-	-	(1)	10
Problèmes technol.	100	-	-	-	-	100
Plutonium et Transplut.	-	150(2)	-	-	-	150
<u>Rech. moyen terme et intérêt général</u>						
Physique réacteurs	45	-	-	-	-	45
Physique état cond.	130	-	-	-	-	130
Etude matériaux	90	-	-	50	-	140
Conversion directe	60	-	-	5	-	65
Fusion	-	-	-	-	110	110
Biologie et Prot.San.	30(3)	-	-	-	70	100
Etudes technico-écon. d'intérêt général	-	-	-	-	(1)	-
<u>Service public</u>						
CETIS	95	-	-	-	-	95
Mesures et étalons	-	-	145	-	-	145
Réacteur BR 2	-	-	-	-	40	40
Réacteur HFR	-	-	-	55	-	55
Appl. Indus. des rayonnements et isotopes	-	-	-	-	9	9
Diffusion Connaissances	-	-	-	-	125	125
Enseignement	-	-	-	-	10	10
Activ. de coordin.	-	-	-	-	110	110
Services généraux établ.	596	90	55	80	-	821
TOTAUX	1636	240	200	220	554	2850

(1) L'effectif du siège et des contrats est repris à la ligne coordination

(2) Cet effectif travaille à concurrence de 80 % à des activités directement liées aux réacteurs et le reste à des activités d'intérêt général

(3) Cet effectif est géographiquement affecté à Ispra mais dépend hiérarchiquement des services Etudes biologiques et Protection Sanitaire.

RECAPITULATION DES DOTATIONS ESTIMÉES POUR UNE PÉRIODE DE CINQ ANS

(Montants bruts mais impôts sur traitements personnel déduits)

(en millions d'unités de compte)

Objectifs	Répartition interne indicative Action directe					Action Indirecte	TOTAUX
	Ispra	Karlsr.	Geel	Petten	Per- sonnel siège et contrats	Particip. financ.	
<u>Dével.réacteurs</u>							
Réacteurs rapid.	10	-	-	-	3,3	76,7	90
R.eau lourde	60	-	-	-	-	-	60
R.gaz à h.temp.	8,4	-	-	4,2	1,5	15,6	29,7
R.épr.eau lég.	1,4	-	-	-	-	-	1,4
Probl.technol.	14	-	-	-	-	-	14
Pluton.& transpl.	-	27,9	-	-	-	6	33,9*)
<u>Rech.moyen terme et intérêt gén.</u>							
Physique réact.	5,5	-	-	-	-	-	5,5
Phys.état cond.	29,7	-	-	-	-	-	29,7
Etude matériaux	12,6	-	-	7	-	-	19,6
Convers.directe	8,4	-	-	0,7	-	-	9,1
Fusion	-	-	-	-	6,6	39,4	46
Biol.& Prot.san.	5	-	-	-	4,2	19,3	28,5
Etudes technico- écon.d'intérêt général	-	-	-	-	-	1,5	1,5
<u>Service public</u>							
CETIS	18,5	-	-	-	-	-	18,5
Mesures & étal.	-	-	20	-	-	-	20
Réact.BR-2	-	-	-	-	2,5	-	2,5
Réact.HFR	-	-	-	19,5	-	-	19,5
Appl.ind.rayonn. et isotopes	-	-	-	-	0,5	0,5	1
Diffus.connaiss.	-	-	-	-	12,5	-	12,5
Enseignement	-	-	-	-	0,6	6,4	7
Activités coordin.	-	-	-	-	6,6	1,05	7,65
TOTAUX	173,5	27,9	20	31,4	38,3	166,45	457,55
2ème P.Q.	149,7	26,9	12,5	23,3	20,3	221,3	454

*) 80% de ce montant sont consacrés à des activités directement liées aux réacteurs. Le solde repris sous ce poste couvre des activités d'intérêt général.

RECAPITULATION DES DOTATIONS PROPOSEES

(Montants bruts mais impôts sur traitements personnel déduits)

(en millions d'unités de compte)

Objectifs	Action directe					Act. ind.	Totaux	Observ.
	Ispra	Karlar.	Geel	Petten	Siège			
<u>Dével. réacteurs</u>								
Réacteurs rapides	1	-	-	-	0,6	-	1,6	1 an - act. dir. seule
Réact. eau lourde	56	-	-	-	-	-	56	ESSOR 5 ans Labos 3 ans
Réact. à gaz h. temp.	0,5	-	-	0,75	0,25	-	1,5	1 an act. dir. seule
Réact. épr. à eau lég.	0,75	-	-	-	-	-	0,75	"-
Probl. technol.	14	-	-	-	-	-	14	Progr. 5 ans
Pluton. & transpl.		27,9	-	-	-	6	33,9*)	"-
<u>Rech. moyen terme et intérêt général</u>								
Phys. réacteurs	5,5	-	-	-	-	-	5,5	"-
Phys. état cond.	29,7	-	-	-	-	-	29,7	"-
Etudes matériaux	12,6	-	-	7	-	-	19,6	"-
Convers. directe	8,4	-	-	0,7	-	-	9,1	"-
Fusion	-	-	-	-	6,6	39,4	46	"-
Biol. et Prot. san.	5	-	-	-	4,2	19,3	28,5	"-
Etudes technico-écon. d'intérêt général	-	-	-	-	-	1,5	1,5	"-
<u>Service public</u>								
CETIS	18,5	-	-	-	-	-	18,5	"-
Mesures & étal.	-	-	20	-	-	-	20	"-
BR-2	-	-	-	-	2,5	-	2,5	"-
HFR	-	-	-	19,5	-	-	19,5	"-
Appl. indus. des rayonn. et isotopes	-	-	-	-	0,5	0,5	1,0	Act. ind. = 2 ans
Diffus. Connaiss.	-	-	-	-	12,5	-	12,5	Progr. 5 ans
Enseignement	-	-	-	-	0,6	6,4	7	"-
Act. coordin.	-	-	-	-	6,6	1,05	7,65	Act. ind. = 1 an prep. nav. 5 ans sécur.
TOTAUX	151,95	27,9	20	27,95	34,35	74,15	336,30	

*) 80% de ce montant sont consacrés à des activités directement liées aux réacteurs. Le solde repris sous ce poste couvre des activités d'intérêt général.

Proposition de

DECISION DU CONSEIL

arrêtant le troisième programme pluriannuel de
recherches et d'enseignement de la Communauté Européenne
de l'énergie atomique

(présentée par la Commission au Conseil)

(Projet)

DECISION DU CONSEIL

arrêtant le troisième programme pluriannuel de recherches
et d'enseignement de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique

LE CONSEIL DE LA COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE,

vu le Traité instituant la Communauté Européenne de l'Energie Atomique
et notamment son article 7,

vu la proposition de la Commission qui a consulté le Comité Scientifique
et Technique,

vu la décision du Conseil du 30 juillet 1968 arrêtant un programme de
recherche relatif à la poursuite du projet DRAGON du 1er juillet 1968
au 31 mars 1970,

considérant que le programme intérimaire de recherches et d'enseignement
de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique vient à expiration le
31 décembre 1968,

considérant qu'il y a lieu dès lors d'adopter un nouveau programme dont
l'exécution commencera le 1er janvier 1969,

considérant que ce programme est un des moyens essentiels de la Communauté
pour contribuer à la formation et à la croissance rapides des industries
nucléaires et qu'il doit en conséquence prévoir la poursuite et l'extension
de l'action communautaire entreprise,

considérant l'urgence de définir une action concertée en matière de
recherche afférente au développement de filières de réacteurs de puissance,

considérant qu'il y a lieu d'assurer l'utilisation et le fonctionnement
optimums du Centre commun de recherches nucléaires,

considérant qu'en vertu du Traité, la Commission peut confier par contrat
l'exécution de certaines parties du programme de recherches de la Commu-
nauté à des Etats membres, personnes ou entreprises,

considérant en particulier la nécessité d'assurer la continuité des acti-
vités communautaires en matière de fusion thermonucléaire et de biologie
et protection sanitaire, dont l'importance a été soulignée par les conclu-
sions des Groupes constitués en 1968 par le Comité consultatif de la recherche
nucléaire, et par le dépôt, le 24 juin 1968, de l'avant-projet de budget
correspondant,

DECIDE :

Article premier

Le troisième programme pluriannuel de recherches et d'enseignement de la Communauté est arrêté à compter du 1er janvier 1969 pour une période définie à l'annexe I, annexe qui fait partie intégrante de la présente décision.

La répartition des moyens nécessaires à la réalisation de ce programme figure à titre indicatif à l'annexe II.

Article deuxième

Les activités de recherche afférentes au développement concerté de filières de réacteurs de puissance seront précisées avec le concours des intéressés et dans les meilleurs délais, sur proposition de la Commission.

Article troisième

Le plafond des engagements de dépenses inhérents à la réalisation de ce programme est fixé à 336,30 millions d'unités de compte et l'effectif global à 2.850 agents. Ces moyens pourront être modifiés notamment compte tenu de l'aboutissement des travaux prévus à l'article deuxième.

Fait à Bruxelles, le

Par le Conseil

Le Président

ANNEXE I

Troisième Programme pluriannuel de recherche et d'enseignement

I. Activités associées au développement des réacteurs

En attendant la définition d'une action concertée en matière de recherches afférentes au développement de filières de réacteurs de puissance, les travaux actuellement en cours seront poursuivis pendant une période de 1 an en ce qui concerne les réacteurs rapides, les réacteurs à gaz à haute température (à l'exception du programme de l'accord DRAGON assuré jusqu'en mars 1970) et les réacteurs de type éprouvé, et trois ans en ce qui concerne les réacteurs à eau lourde (à l'exception de l'exploitation du réacteur ESSOR assurée pour 5 ans), tandis que les activités liées au développement des réacteurs sont établies pour 5 ans.

Un montant de 107,75 millions d'unités de compte est affecté à ces activités, dont 59,85 pour les travaux sur les filières (alinéas 1, 2, 3 et 4 ci-après), lesquelles couvrent d'une part la poursuite de l'action directe dans les Etablissements du Centre Commun, et d'autre part les dépenses de personnel et de fonctionnement pour les agents effectuant ces travaux et pour ceux détachés dans le cadre des anciennes associations ou contrats de recherches conclus au cours du 2ème Programme quinquennal.

I.1. Réacteurs rapides : Un montant de 1,6 million d'unités de compte est affecté à cette action.

Elle porte essentiellement sur des recherches dans les domaines des matériaux et des métaux liquides ainsi que de la physique des réacteurs. Elle sera principalement effectuée par l'Etablissement d'Ispra. (Le développement de l'utilisation du plutonium pour réacteurs rapides fait l'objet du chapitre I.6. ci-après).

I. 2. Réacteurs à eau lourde : Un montant de 56 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Elle porte principalement sur :

- des études de caractère technologique : particulièrement pour le comportement sous irradiation des éléments combustibles, la technologie des canaux, l'analyse des contraintes ;
- des études sur les matériaux : tels que des combustibles à densité élevée, les alliages de zirconium, des aciers spéciaux ;
- des problèmes de physique des réacteurs : neutronique et calcul des cycles de combustible ;
- des problèmes physico-chimiques : chimie de l'eau et production d'eau lourde ;

Ces recherches seront effectuées uniquement dans l'Etablissement d'Ispra, utiliseront les installations ESSOR et ECO, et feront appel à l'ensemble des laboratoires.

I. 3. Réacteurs refroidis par gaz à haute température : Un montant de 1,5 million d'unités de compte est affecté à cette action.

Les travaux comprennent une action directe qui porte principalement sur les matériaux, notamment les graphites et les combustibles enrobés, et une action indirecte, notamment la poursuite de l'accord DRAGON actuellement assurée jusqu'au 31 mars 1970 par décision ad hoc du Conseil.

I.4. Réacteurs de type éprouvé : Un montant de 0,75 million d'unités de compte est affecté à cette action.

Elle comporte essentiellement la poursuite des études technologiques entreprises par l'Etablissement d'Ispra et la mise au point de codes de calcul.

I.5. Problèmes technologiques directement liés au développement des réacteurs

Un montant de 14 millions d'unités de compte est affecté à ces activités.

Elles porteront sur les domaines suivants :

- études de sécurité des installations nucléaires
- développement de méthodes non destructives pour la détermination de la teneur en matière fissile
- développement de techniques liées à l'exploitation de centrales

Ces activités seront menées principalement par l'Etablissement d'Ispra, et pourront le cas échéant être exécutées en collaboration avec les Equipes du Siège.

I.6. Etudes sur le plutonium et les transplutoniens : Un montant de 33,9 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

L'essentiel des travaux sera consacré à l'étude de l'utilisation du plutonium dans les réacteurs rapides, en mettant l'accent sur le comportement des combustibles, notamment sous irradiation. Certaines études fondamentales sur les composés du Pu seront poursuivies, ainsi que quelques travaux sur les actinides peu abondants.

L'ensemble constitue le programme de l'Institut Européen des Transuraniens - KARLSRUHE.

II. Activités de recherche à moyen terme et d'intérêt général

Ces activités sont définies pour une période de 5 ans. Certaines se déroulent dans les établissements du Centre commun, d'autres par voie de contrats.

Un montant total de 139,9 millions d'unités de compte est affecté à l'ensemble.

II.1. Physique des réacteurs : un montant de 5,5 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Outre la mise au point de différents codes de calcul, elle comportera la réalisation de l'expérience critique MINIMAJOR, ainsi que l'exécution d'un certain nombre de mesures de paramètres de réseaux dans les réacteurs ECO et ISPRA-I, et des études de blindage à l'aide du convertisseur EURACOS.

Elle sera poursuivie par l'établissement d'Ispra.

II.2. Physique de l'état condensé et SORA : un montant de 29,7 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Elle comporte la construction du réacteur rapide pulsé SORA de 1 MW destiné ultérieurement à des études sur la matière condensée et, dans l'intervalle, la poursuite des expériences d'optique neutronique dans le réacteur ISPRA-I et celle des travaux sur la physique de l'état solide et la résonance magnétique.

Ces activités sont menées à l'établissement d'Ispra.

II.3. Recherches sur des matériaux nucléaires

Un montant de 19,6 millions d'unités de compte est affecté à cette activité.

Ces activités comportent notamment des études de caractère plutôt fondamental et à long terme sur des matériaux combustibles et des

matériaux de structure. L'accent sera mis sur les matériaux nouveaux et le comportement sous irradiation (dans les réacteurs ESSOR et HFR).

Quelques études seront menées en vue de l'utilisation de la chaleur et de l'énergie produite par les réacteurs pour des synthèses de produits industriels.

Elles seront menées dans les établissements d'Ispra et de Petten.

II.4. Conversion directe d'énergie : un montant de 9,1 millions d'unités de compte est affecté à cette action. Elle portera principalement sur le développement de cellules associées à des caloducs, de combustibles et d'autres composants de réacteurs thermoioniques, sur des études comparatives de différents types de réacteurs et sur la création d'un centre de documentation. Elle comportera quelques recherches sur d'autres convertisseurs, notamment électrochimiques.

Elle s'effectuera principalement à l'établissement d'Ispra avec le concours de l'établissement de Petten.

Fusion et Physique du plasma : un montant de 46 millions d'unités de compte est prévu pour cette action.

Les travaux porteront principalement sur :

- les recherches théoriques sur la physique des plasmas
- les plasmas à très basse pression
- les plasmas à moyenne pression
- les plasmas à très haute pression
- les problèmes posés par l'interaction des ondes électromagnétiques et les plasmas.

A l'appui des expériences en cours et de leur évolution, un programme de développement technologique est prévu dans les domaines de la production, du stockage et de la commutation d'énergie électrique.

Ils seront menés en association avec les travaux des Etats membres.

II.6. Biologie et protection sanitaire : un montant de 28,5 millions d'unités de compte est affecté à cette action. Les objectifs principaux en seront :

- l'étude de la contamination de l'homme et du milieu
- l'étude des effets héréditaires
- l'étude des effets des rayonnements à court terme et à long terme
- le développement des mesures de rayonnement et de la dosimétrie
- le développement des techniques nucléaires en vue d'applications à la recherche médicale, biologique et agronomique.

Les activités correspondantes seront menées principalement par voie de contrats d'association ou assimilés et en partie par le groupe installé dans l'établissement d'Ispra.

II.7. Etudes technico-économiques d'intérêt général : un montant de 1,5 millions d'unités de compte est affecté à ces études.

Elles seront orientées de manière à accumuler les données de base relatives aux centrales, aux matériaux de base et aux composants et à permettre l'analyse prospective de la production d'énergie électro-nucléaire, et d'autres formes d'utilisation de l'énergie nucléaire.

Elles seront effectuées par une partie des équipes de coordination du Siège et par voie de contrats.

III Activités de service public

Ces activités sont généralement définies pour une période de 5 ans. Certaines se déroulent dans les établissements du Centre commun, d'autres sont menées par les équipes de coordination du Siège, parfois à l'aide de contrats.

Un montant total de 88,65 millions d'unités de compte est affecté à l'ensemble.

III.1. CETIS-Informatique : un montant de 18,5 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Les travaux de calcul pour satisfaire les besoins du programme de la Communauté constitueront la tâche principale du CETIS qui effectuera en outre quelques recherches propres :

- Etude des méthodes de réalisation de programmes pour l'automatisation de secteurs spécifiques : analyse numérique, mathématique appliquée, analyse et simulation de systèmes, systèmes intégrés d'information, documentation et traduction automatiques.
- Développement de techniques, langages et systèmes destinés à faciliter la communication avec les calculatrices et leur emploi : automatisation du calcul analogique et hybride, chaînes de programmes à interaction automatisée, communication à distance.

Cette action sera menée essentiellement à l'établissement d'Ispra, et partiellement par voie de contrats.

III.2. Mesures et étalons nucléaires : un montant de 20 millions d'unités de compte est affecté à cette action. Elle concerne les travaux suivants :

- mesure des paramètres neutroniques et constitution d'étalons neutroniques (à l'aide de l'accélérateur linéaire et du Van de Graaff),
- mesures de précision sur les radionucléides,

- définition et fourniture d'isotopes stables et fissiles,
- préparation et analyse d'échantillons de haute définition pour mesures nucléaires,
- l'activité sera étendue à la normalisation de méthodes et d'appareils et à l'étalonnage facultatifs d'instruments de protection contre les rayonnements.

Pour accomplir ces tâches au mieux, certaines extensions des surfaces de travail seront nécessaires.

Elle constitue la tâche du Bureau Central de Mesures Nucléaires à Geel.

III.3. Exploitation du réacteur BR 2 : un montant de 2,5 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Afin de permettre la poursuite de l'exploitation en commun du réacteur, est envisagée la constitution d'une entreprise commune entre le C.E.N. belge et la Communauté, sur les bases de l'art. 45 du Traité. Le personnel de l'entreprise commune comprendra les agents de l'ancien groupe d'exploitation. Les apports financiers de la Communauté se feront dans le sens de l'art. 6 du Traité.

Ce réacteur servira à l'exécution d'expériences d'irradiation de matériaux de structure et de combustibles tant pour les besoins des membres fondateurs de l'entreprise que pour ceux des personnes et entreprises, la préférence étant donnée à celles de la Communauté. La préparation et la conduite des expériences et certains examens post-irradiatoires sont assurés.

Cette action est menée au CEN - Mol.

III.4. Exploitation du réacteur HFR : un montant de 19,5 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Elle couvre l'exploitation du réacteur d'essais de matériaux, la conception, la réalisation et la surveillance des expériences et certains examens post-irradiatoires. Le réacteur sera utilisé d'une part pour l'irradiation de matériaux de structure, notamment les graphites, et de matériaux combustibles principalement à l'appui des programmes "matériaux nucléaires" et réacteurs à gaz à haute température" du centre commun et d'autre part pour satisfaire les besoins de la clientèle.

Le programme d'amélioration des conditions expérimentales sera poursuivi.

Cette action constitue une activité importante de l'établissement de Petten.

III.5. Applications industrielles des rayonnements et isotopes : un montant de 1 million d'unités de compte est affecté à cette action. Il couvre les frais de personnel scientifique et technique pendant la période quinquennale et certaines actions indirectes pour une période de 2 ans.

L'action se déroulera dans les directions suivantes :

- stimulation et diffusion des applications industrielles des rayonnements et isotopes,
- création des conditions non techniques de leur emploi,
- promotion du développement des techniques d'application.

Elle sera effectuée par les agents du bureau Eurisotop et par voie de contrats pour lesquels des crédits sont prévus pour 2 ans.

III.6. Diffusion des connaissances : un montant de 12,5 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Cette action comportera :

- l'amélioration de l'accès aux connaissances disponibles : système automatisé de documentation nucléaire, documentation en matière

- de brevets nucléaires, accès à la littérature nucléaire orientale,
- la poursuite de la diffusion des connaissances acquises par la Communauté,
- la poursuite de la gestion des bibliothèques nucléaires du CCR.

Elle sera gérée par le personnel installé à Luxembourg.

III.7. Enseignement et formation : un montant de 7 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

Cette action comportera la poursuite des activités antérieures visant la formation et le perfectionnement du personnel scientifique et technique : organisation de stages, octroi de bourses, organisation de colloques et de cours, notamment cours de recyclage et de réorientation, et en matière d'harmonisation des enseignements.

Cette action sera gérée par les agents du Siège.

III.8. Activités de coordination : un montant de 7,65 millions d'unités de compte est affecté à cette action.

La Commission renforcera son action de concertation et de coordination, en particulier en vue :

- de l'échange d'expériences sur l'exploitation des centrales nucléaires et assistance technique,
- de la gestion des problèmes des cycles de combustible,
- d'études de développement d'équipements pour centrales,
- d'études des prolongements industriels,
- d' l'harmonisation des techniques de sécurité,
- de l'application de l'énergie nucléaire au dessalement de l'eau de mer,
- de certaines activités en matière de propulsion navale, nucléaire, y compris une participation à l'exploitation du navire Otto Hahn.

Cette action est menée par le personnel du Siège. Des actions indirectes sont prévues pour 1 an dans le cadre de la propulsion navale et 5 ans dans celui de l'harmonisation des techniques de sécurité.

Répartition indicative des moyens du troisième programme pluriannuel
entre action directe (Etablissements et Sièges) et action indirecte

Objectifs du programme	Crédits Action directe en MUC					Act. Ind. en MUC	Crédits totaux en MUC	Effectifs moyens par objectif
	Ispra	Karlsru.	Geel	Patton	Sièges			
<u>Dévelop. réacteurs</u>								
Réacteurs rapides		-	-	-	0,6	-	1,6 ⁽¹⁾	125
Réacteurs eau lourde	56	-	-	-	-	-	56 ⁽²⁾	350
Réacteurs à gaz à haute température	0,5	-	-	0,25	0,25	-	1,5 ⁽¹⁾	115
Réacteurs éprouvés	0,75	-	-	-	-	-	0,75 ⁽¹⁾	10
Probl. technol.	14	-	-	-	-	-	14	100
Uranium et trans- plutoniens	-	27,9	-	-	-	6	33,9	150
<u>Rech. moyen terme et intérêt général</u>								
Phys. réacteurs	5,5	-	-	-	-	-	5,5	45
Phys. état cond.	29,7	-	-	-	-	-	29,7	130
Etude matériaux	12,6	-	-	7	-	-	19,6	140
Conv. directe	8,4	-	-	0,7	-	-	9,1	65
Fusion	-	-	-	-	6,6	39,4	46	110
Biol. et prot. san.	5	-	-	-	4,2	19,3	28,5	100
Etudes technico-écon intérêt général	-	-	-	-	-	1,5	1,5	-
<u>Service public</u>								
CETIS	18,5	-	-	-	-	-	18,5	95
Mesures et établ.	-	-	20	-	-	-	20	145
Réacteur BR 2	-	-	-	-	2,5	-	2,5	40
Réacteur HFR	-	-	-	19,5	-	-	19,5	55
Appl. indus. des rayonnements et isot.	-	-	-	-	0,5	0,5 ⁽³⁾	1,0	9
Diffusion conn.	-	-	-	-	12,5	-	12,5	125
Enseignement	-	-	-	-	0,6	6,4	7	10
Activ. coordin.	-	-	-	-	6,6	1,05 ⁽⁴⁾	7,65	110
Services généraux des Etablissements	-	-	-	-	-	-	-	821
CREDITS TOTAUX	151,95	27,9	20	27,95	34,35	74,15	336,30	
Effectifs moyens par lieu d'affectation	1636	240	200	220	554	tot. effectifs		2850

(1) Programmes d'1 an - (2) Programmes de 3 ans sauf exploitation ESSOR = 5 ans

(3) Crédits actions indirectes prévus pour 2 ans - (4) Crédits actions indirectes prévus pour 4 ans (Propuls. nav.) et 5 ans (harmonisation des techniques sécurité)