

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

COM(69) 350 - ANNEXE TECHNIQUE N° 1

Bruxelles, le 30 avril 1969

ACTIVITÉS FUTURES D'EURATOM

Annexe technique n° 1

"REACTEURS RAPIDES"

COM(69) 350

ANNEXE TECHNIQUE N° 1

I.1. : REACTEURS RAPIDES

I. Description et but de l'activités

Les réacteurs rapides sont d'importance primordiale pour l'expansion de la production d'électricité d'origine nucléaire. Si leur compétitivité escomptée se confirme, ils seront à même de supplanter progressivement les réacteurs d'autres types, après une période de symbiose, en raison de leurs avantages intrinsèques suivants :

- la surgénération ouvre la possibilité d'utiliser complètement les matières fertiles naturelles : uranium 238 et thorium et d'arriver à un prix du cycle de combustible largement indépendant de celui du fissile, et surtout notablement plus bas que pour les réacteurs thermiques;
- la compacité des systèmes rapides devrait permettre d'arriver à des coûts de construction, par kWe installé, comparables à ceux d'autres filières, et à des coûts de production d'énergie plus bas en raison de leur cycle de combustible à meilleur marché. Cette compétitivité supérieure attendue des réacteurs rapides pourrait, dès confirmation, en permettre l'introduction commerciale accélérée.

- outre le fissile régénéré, on peut alimenter les réacteurs rapides en plutonium (ou U-233) produit dans les réacteurs thermiques, et ceci sans restrictions de composition isotopique. Le recours aux usines de diffusion pourrait être largement évité, et seul l'approvisionnement en fertile (uranium naturel ou appauvri et thorium) resterait à assurer;
- combustible mis à part, la construction de centrales rapides ne fait actuellement appel qu'à des matériaux conventionnels: acier inoxydable ou ferritique etc... Par ailleurs, les conditions du cycle vapeur y seraient comparables à celles des centrales thermiques modernes. On n'a donc pas à accepter les mêmes restrictions qu'avec les réacteurs à neutrons thermiques actuels.

Ces avantages potentiels convergents expliquent évidemment l'intérêt massif et universel porté aux réacteurs rapides et l'accélération récente des efforts dans ce secteur.

Dans les pays avancés, on arrive désormais au stade des prototypes de 200-300 MWe, voire simultanément à celui des premières centrales de 500-600 MWe *) et un début de commercialisation accélérée devrait se constater dans une dizaine d'années pour cette "première génération" de centrales rapides. Les perfectionnements ultérieurs déjà concevables conduiront à une "seconde génération" de performances encore supérieures, permettant progressivement une véritable pleine utilisation des ressources fertiles.

*) déjà prévues en Grande Bretagne et URSS

II. Etat actuel des activités "Réacteurs Rapides"

II. 1 Etat actuel de la technique et des programmes dans le monde

L'essentiel des efforts actuels, dans le monde, porte sur des concepts de centrales rapides de "première génération" à réfrigérant sodium et généralement combustible oxyde, de performances modérées encore qu'en principe déjà compétitives. Par souci de garantir une sûreté rigoureuse des installations on en limite volontairement le taux de surgénération *), la puissance spécifique et le taux de combustion limite du combustible, la température de sortie du sodium **) etc.... De même, l'adoption générale du sodium comme réfrigérant, en raison de ses bonnes caractéristiques neutroniques et thermiques, basse pression d'emploi et haut point d'ébullition, est rendue possible par l'existence de toute une technologie spécialisée et la disponibilité de composants déjà assez éprouvés. Ainsi donc, les prototypes et premières centrales à l'étude ou en construction sont très généralement à combustible oxyde, en aiguilles fermées gainées d'acier inoxydable, et à réfrigérant sodium; ils présentent de nombreux parallélismes et reflètent un certain état actuel de la technologie des réacteurs rapides. Néanmoins bien des variantes sont à l'étude: réfrigérant gaz ou vapeur, combustible carbure ou carboniture, gainages améliorés, aiguilles à évent etc.... De même trouve-t-on des variantes dans le dessin de ces réacteurs: primaire à cuve ou à boucles et composants du primaire intégrés ou séparés, déchargement par bouchon tournant ou cellule, générateurs de vapeur modulaires, semi-modulaires ou intégral etc... - Cette diversité des solutions et des sous-filières n'est pas surprenante car les réacteurs rapides constituent plutôt une nouvelle famille de réacteurs qu'une simple autre filière.

*) en adoucissant le spectre neutronique, pour accroître le coefficient Doppler d'antiréactivité et en tolérant des fuites neutroniques importantes, pour éviter un coefficient sodium trop positif.

**) pour éviter toute corrosion/transfert de matière

L'effort consenti par la Communauté est considérable, et son financement par les pouvoirs publics pourrait s'y élever à près de 1000 MUC pour les cinq prochaines années. Jusque récemment les travaux s'effectuaient essentiellement en association avec Euratom, qui participait à concurrence de 35% - 40% des dépenses mais proportionnellement moins en personnel. A l'heure actuelle:

- en France les travaux sont menés par le CEA, en coopération avec E.d.F. et l'architecte industriel G.A.A.A. Le prototype PHENIX, dont la construction a commencé à Marcoule, reste l'objectif prioritaire et le point de convergence des efforts immédiats.

L'effectif CEA affecté au R & D général des réacteurs rapides est de l'ordre de 600-700 personnes. Les grands instruments à disposition sont:

le réacteur expérimental RAPSCDIE (20 Mwth, 35 Mwth dans la version Fortissimo prévue), maintenant destiné aux irradiations, l'expérience critique MASURCA, le réacteur source HARMONIE, de nombreuses boucles et maquettes sodium (1 et 10 Mwth, essai de composants, générateur de vapeur de 5 Mwth etc....), des accélérateurs Van de Graaf et LINAC etc... Une station d'essai de grands composants (d'environ 50 Mwth) est également construite par EdF. La plupart des installations se trouvent au Centre de Cadarache, à l'exception surtout des laboratoires Pu de Fontenay-aux-Roses et de la station d'essai d'EdF.

- en Allemagne et en Belgique, Pays-Bas et Luxembourg les efforts ont été regroupés, tant par accord inter-gouvernemental que par entente parallèle entre Siemens, Interatom, Belgonucléaire, Neratoom et Luxatome. Le prototype SNR, à réfrigérant sodium, est là aussi prioritaire et le début de sa construction est prévu pour 1970. Dans les centres de recherche: GfK, Mol, TNO/RCN et les départements de recherche de Belgonucléaire et Luxatome l'effectif global affecté au R & D général

des réacteurs rapides est de l'ordre de 1000 personnes. Les grands instruments à disposition sont:

l'expérience critique SNEAK, le réacteur couplé STARK, l'ensemble sous-critique SUAK, la boucle sodium de 5 Mwth d'Interatom, la boucle vapeur de 3 Mwth de GfK, le circuit sodium-eau d'Interatom, les boucles d'irradiation dans BR-2 à Mol etc... Par ailleurs, les stations d'essai de composants de 50 Mwth de TNO et d'essai de pompes d'Interatom, et le réacteur K.N.K. à réfrigérant sodium sont en construction. La transformation de KNK avec coeur rapide au plutonium est prévu pour 1971.

- en Italie les travaux, essentiellement menés par le CNEN, sont plutôt axés sur la seconde génération et le réacteur d'essai de matériaux sous flux rapide PEC en est l'objectif prioritaire. L'effectif du CNEN affecté aux réacteurs rapides est de l'ordre de 350 personnes; une notable augmentation en est prévue. Il se répartit entre les centres de Bologne et Casaccia.

En dehors de PEC, les grands instruments qui sont ou seront disponibles sont: diverses boucles à sodium à Casaccia, un circuit sodium-eau à Brasimone et un circuit de génération de vapeur de 1 Mwth etc.. Par ailleurs, une station d'essai de composants de 50-70 Mwth sera éventuellement construite.

En dehors de la Communauté, des efforts nationaux comparables ou supérieurs sont consentis, l'U.R.S.S. a acquis une avance incontestable. La Grande Bretagne impose une accélération générale du rythme des réalisations dans le monde, par la compétition offerte:

- en Grande Bretagne l'U.K.A.E.A. a la haute main sur les travaux qui (depuis 1950) sont effectués dans ses divers centres, Dounreay et Risley surtout. Le programme est très austère, et le nombre des grands instruments strictement limité: expériences critiques Vera et Zebra, réacteur expérimental D.F.R. (60 MWth) qui a permis de nombreuses irradiations essentielles, mais ni maquettes de circuits ni station d'essai de grands composants ni réacteur d'essais spécialisé sous flux rapide. A part beaucoup de R & D à petite échelle, l'expérience technologique britannique provient surtout de la construction et utilisation de réacteurs: DFR, bientôt PFR (250 MWe) dont la montée en puissance est désormais prévue pour 1972. Jusqu'à présent l'UKAEA concentre ses efforts sur la filière de "première génération" à combustible oxyde et réfrigérant sodium. L'amorce de commercialisation en sera encore accélérée si la construction - récemment annoncée - d'une tête de filière de 600 MWe presque parallèle au prototype PFR est confirmée. Par ailleurs, divers travaux de seconde génération se poursuivent activement, notamment sur les carbures et sur la réfrigération par gaz*).
- en URSS les travaux s'amplifient et s'accroissent également. Après les réacteurs expérimentaux BR-1 et BR-5 (5 MWth), qui ont fourni de nombreux résultats d'irradiation et d'exploitation, on devrait achever la construction du prototype de première génération BN 350 (couplé à une installation de dessalement). Le réacteur d'essais intégraux BOR-60 a divergé. Là aussi la construction d'une tête de filière de 600 MWe, sans attendre les résultats du prototype BN-350, a été annoncée.
- aux Etats Unis le programme rapide possède une longue antériorité (Clémentine 1946, EBR-I 1951). Il est guidé et en très grande partie financé par l'USAEC, avec une participation autonome croissante des grands consortia privés: G.E., Westinghouse, A.I., Combustion Engineering, etc.....

*) pour laquelle plusieurs pays de l'OECD souhaitent récemment voir construire un réacteur expérimental d'essais de combustible, dans le cadre d'une coopération internationale.

Les grands instruments sont nombreux et variés: expériences critiques ZPR et ZPPR, réacteurs expérimentaux EBR-II, FERMI, etc.... ou spécialisés: AFSR, TREAT, SEFOR, etc.... stations d'essai de composants et pompes à sodium SCTI et SPTF* et ultérieurement le grand réacteur d'essai de matériaux sous flux rapide FFTF (400 MWth) actuellement en construction. A cela s'ajoutent les diverses installations plus classiques des centres et de l'industrie dont celles de GE, AI, Westinghouse etc... et le soutien indirect d'autres programmes passés ou présents: spatial, réacteurs thermiques à sodium SIR, SRE, Hallam etc...

Malgré l'antériorité et l'abondance des moyens, le programme rapide américain a plutôt marqué le pas ces dernières années, sous la pression de l'USAEC, qui redoute un passage trop hatif et mal préparé aux grandes unités. Mais celle-ci participera néanmoins aux prototypes et un programme décennal d'une dotation totale de l'ordre de 2000 MUC a été formulé. Pour l'instant le FFTF reste en principe l'objectif prioritaire immédiat et l'USAEC préconise un vaste programme de R & D et de développement de composants avant d'en passer aux grandes unités. Cette attitude prudente est contestée par l'industrie; trois consortia: G.E., Westinghouse et A.I. ont déjà obtenu un financement privé pour l'étude de prototypes de 300 à 500 MWe dont la construction dans les années qui viennent est quasi assurée. Il est vraisemblable que cette relève par le secteur privé ira en s'intensifiant, surtout pour les prototypes et têtes de filière de première génération, et que la concurrence américaine se fera à nouveau vivement sentir dans le domaine des réacteurs rapides;

- au Japon un programme important et bien doté financièrement (500 MUC/10 ans) a démarré en 1967, après divers travaux préliminaires. On y envisage actuellement la construction prochaine d'un petit réacteur expérimental à réfrigérant sodium, puis, vers 1972-73, d'un prototype de centrale. Un réacteur spécialisé analogue au PEC sera probablement entrepris. Enfin une participation importante à l'exploitation du réacteur FERMI est actuellement en cours de développement. Malgré son départ tardif l'effort japonais pourrait rapidement devenir très notable et concurrentiel.

*) Maintenant dans le LMEC (Liquid Metal Technology Center) financé intégralement par la USAEC

- en Australie un programme nucléaire autosuffisant, axé au départ sur les centrales à eau lourde-uranium naturel, puis sur les centrales rapides (pour l'utilisation du plutonium produit) a débuté. Une maquette critique à neutrons rapides (de type ZPPR) a été commandée.

On pourrait conclure hâtivement de ce qui précède qu'au moins l'essentiel des problèmes de la "première génération" de centrales rapides est apparemment résolu puisqu'on passe aussi hardiment aux réalisations. Ce n'est qu'en partie vrai et ces premières unités de grande taille gardent malgré tout un certain caractère expérimental et ne seront pas forcément des prototypes fidèles de celles qui suivront. La technologie des réacteurs rapides restera longtemps très évolutive, avec un déplacement progressif des urgences.

C'est ainsi qu'actuellement la sûreté nucléaire cesse d'être le problème majeur, mais la fiabilité des composants pourrait le devenir. La technologie des générateurs de vapeur à sodium est encore incertaine, et des efforts coûteux restent à fournir pour en arriver à des unités de grande capacité sûres et d'un prix acceptable. De même s'apprête-t-on à consacrer une proportion considérable des crédits à la mise au point et aux irradiations d'éléments de combustible prototypes de performances économiquement acceptables.

Passée cette première étape de démonstration de la validité des centrales rapides, il est vraisemblable que les travaux de "seconde génération" s'attacheront moins à des révisions radicales des concepts qu'à l'amélioration progressive des performances: meilleure économie neutronique et taux de surrégénération supérieur, températures de sortie, puissance spécifique du combustible ou volumétrique du coeur, taux de combustion plus élevés, simplification des circuits, appareillages et enceintes etc... On s'attend déjà à des progrès sensibles et à un renforcement de la position concurrentielle des centrales rapides lors de l'introduction de cette "seconde génération".

A plus long terme enfin, la pleine utilisation des ressources naturelles deviendra sans doute le souci prédominant qui orientera les travaux.

II. 2 Aspects particuliers à la Communauté

Les travaux dans la Communauté, déjà mentionnés sous II. 1, ont été entrepris de 1962 à fin 1967 dans le cadre d'associations avec Euratom; les partenaires étaient le CEA, la GfK, l'Etat Belge, le groupe TNO/RCN et le CNEN*. Un contrat de recherches a également été conclu en 1967 avec le Luxembourg.

Mis à part le rapprochement germano-bénéluxien sur les études à caractère général de la filière à réfrigérant sodium, rapprochement gouvernemental d'ailleurs complété par une entente séparée entre firmes privées chargées du réacteur prototype S.N.R., force est de constater que le système des associations n'a jusqu'à présent pas conduit à un véritable regroupement des efforts ni à un remembrement industriel au plan communautaire - Ceci pour plusieurs raisons:

- les programmes des associations couvraient surtout des recherches à caractère général et expérimental, pré-industrielles, et le passage imposé au stade des prototypes a été plus rapide qu'attendu, sans qu'une politique industrielle commune ait pu être formulée à temps;
- la gestion des associations a été souvent compliquée par des problèmes financiers: répartition des crédits, entraînement dans les dépassements des prévisions etc...;
- les échanges, d'information ou du personnel, sont restés limités, et le Comité de liaison des associations n'a pas été en mesure de les intensifier.

*) association transformée en contrat à frais partagés à mi 1966

En fait, les associations se sont progressivement orientées vers trois programmes quasi-indépendants, autosuffisants et souvent duplicatifs, ainsi qu'il apparaît au tableau "Sommaire des activités Réacteurs Rapides" donné en point A de l'Annexe*). Cette autonomie a été accentuée par la suspension des associations en fin 1967 et la prise en charge intégrale des dépenses par les Etats-Membres depuis cette date, la contribution communautaire se réduisant au maintien sur place du personnel détaché.

Dans l'immédiat, les activités sont essentiellement axées sur trois 'réalisations-témoin' à caractère industriel: les prototypes Phenix et SNR et le réacteur d'essais de matériaux PEC, réalisations pour lesquelles les décisions de principe sont prises et les responsables industriels désignés, dans les contextes correspondants. Il semble désormais exclu d'imaginer en faire des premières réalisations témoins communautaires, encore que des échanges tenant compte des droits de propriété industrielle y demeurent concevables et souhaitables.

De même les installations d'appui liées aux prototypes et premières centrales: stations d'essai de générateurs de vapeur ou de pompes à sodium etc.... et la mise au point des grands composants sont elles réalisées dans le cadre de programmes nationaux.

Cette évolution n'est pas fatalement irréversible. La nécessité d'un regroupement des efforts, d'une meilleure diffusion ou mise à disposition mutuelle des informations, et d'une ébauche de politique industrielle commune a été reconnue à maintes reprises et à toutes les instances - Malgré ces déclarations d'intention concordantes, le désaccord a persisté quant à la procédure à adopter pour mettre en oeuvre cette coopération Communautaire, souhaitée de tous, dans le secteur des réacteurs

*) Ce sommaire ne couvre que les recherches à caractère général, à l'exclusion des réalisations-témoin et des travaux à caractère industriel.

rapides: coopération débutant sur les recherches à caractère général, pour s'étendre progressivement par accords parallèles entre entreprises privées au secteur industriel*), ou création préalable d'un consortium communautaire groupant des entreprises des six pays et chargé de la commercialisation de la filière**)? La procédure à retenir, les structures adaptées et les moyens à mettre en oeuvre conjointement ne pourront être valablement choisis que dans le cadre d'une négociation d'ensemble, et pour autant qu'une volonté d'aboutir préexiste.

La Commission avait proposé antérieurement***) la solution de l'Entreprise commune unique, regroupant l'ensemble des travaux sans distinction de nature, avec gestion et financement conjoints sous la tutelle d'un Conseil d'administration composé de représentants de tous les intéressés, au prorata des apports. Plusieurs modalités préservaient par ailleurs la souplesse nécessaire à l'exécution des projets (filiales) et au caractère progressif de l'intégration industrielle recherchée.

Cette proposition n'a pas été retenue. C'est pourquoi les propositions plus nuancées qui suivent en diffèrent, encore que leur finalité soit la même.

*) Note 817/68/ATO 40 du gouvernement français de Mai 1968

Note 919/68/ATO 47 des gouvernements allemand, belge et néerlandais

***) Position de la délégation italienne au Groupe des Questions Atomiques et Comité des Représentants Permanents, rapportée dans le document 1154/68/ATO 56 - 1155/68/ATO 57 et R12040/68/ATO 91

***) Document de travail EUR/C/1482/1/68 du 1-VI-1968, documents COM/800 et COM/801

III. Motivation de l'intervention de la Communauté

En principe la filière rapide se prêterait tout particulièrement à une action communautaire pour l'ensemble des raisons qui suivent:

- les réacteurs rapides sont d'importance capitale pour le développement et l'indépendance énergétique de la Communauté. Il importe d'assurer leur succès technique et économique et de favoriser au mieux l'établissement d'une industrie nucléaire européenne capable d'en assurer la commercialisation;
- les travaux de mise au point sont extrêmement coûteux et d'aboutissement encore distant. Leur financement par les pouvoirs publics s'imposera pendant encore de nombreuses années, mais, de ce fait même, une concertation des travaux par accord des gouvernements est pleinement concevable;
- une telle concertation serait dès à présent fort nécessaire, car, à l'intérieur même de la Communauté, les programmes rapides sont souvent duplicatifs, tant dans le R & D général que pour les grandes installations. Une plus grande complémentarité des travaux permettrait certaines économies et rationalisations d'où pourrait résulter un élargissement du domaine couvert et des possibilités;
- le parallélisme des programmes est surtout dû à leur caractère souvent national* et en tous cas volontairement autosuffisant, qui aboutirait fatalement à la mise en place de groupements industriels nationaux ou régionaux à marché limité et clientèle obligée. Pour y pallier, la concertation des travaux "réacteurs rapides" devrait s'accompagner d'une concertation des politiques industrielles et d'une ébauche de remembrement communautaire des industries intéressées au niveau des Six Etats-Membres;
- l'urgence d'un changement de méthodes n'est pas due à des impératifs techniques ou financiers immédiats mais plutôt au fait qu'un tel changement et qu'une telle évolution communautaire seraient de moins en moins possible à l'avenir, à mesure que les cloisonnements actuels se

* en dehors de l'effort entre l'Allemagne et les pays de Bénélux déjà cité.

consolideraient. En effet chaque grand pays pourrait bien, dans l'immédiat, mener son propre programme rapide, prototype compris, et y trouver un succès à court terme, mais les difficultés réelles apparaîtraient lors de la commercialisation et surtout au stade de la seconde génération, qui demandera un effort encore plus soutenu. Il serait alors trop tard pour intervenir efficacement dans un sens communautaire.

L'intervention de la Commission dans le domaine réacteurs rapides serait donc essentielle: l'action de son CCR serait surtout indirecte, vu la préexistence de programmes déjà fort complets, de centres de recherche et de grands instruments dans les Etats Membres. Il s'agirait donc de favoriser une harmonisation des programmes et des politiques industrielles, d'encourager la complémentarité et la mise en commun des ressources, d'y apporter une participation financière et en personnel, d'assurer la coordination des travaux et à l'échange des informations, et de pallier aux manquements éventuels; une action directe importante n'est pas envisagée.

Le CCR continuerait d'apporter son concours dans divers secteurs où ses compétences ou moyens particuliers garantiraient, comme par le passé, une contribution immédiate efficace - En particulier le Centre Commun des Transuraniens*) prévoit de participer au programme de recherches à caractère général sur les combustibles. L'établissement du CCR d'Ispra contribuerait au programme coordonné**): études thermiques, physique des réacteurs, sécurité etc.... dans le cadre de ses compétences particulières; une partie du personnel qualifié antérieurement affecté aux études d'autres filières pourrait se consacrer plus directement aux réacteurs rapides.

*) voir proposition de cet Etablissement

***) voir Annexe - partie B pour les propositions d'Ispra

IV. Déroulement du programme et moyens nécessaires

IV. 1 Priorités

Dans l'immédiat, la priorité va aux travaux de "première génération", a but rapidement industriel, portant sur les centrales rapides à réfrigérant sodium et combustible oxyde (aiguilles étanches). L'essentiel de ces travaux sera consacré, dans les cinq années à venir, aux prototypes Phenix et SNR et, avec une égale priorité, au PEC. Malgré leur similitude générale les prototypes Phenix et SNR diffèrent dans leur dessin et engineering et préfigurent deux sous-filières distinctes, qu'il convient de maintenir, à titre de contre-assurance, en les rendant aussi complémentaires que possible.

A part la construction proprement dite de ces outils, les travaux en appui porteront sur:

- la mise au point des éléments de combustible, pour laquelle un considérable volume d'irradiation est en cours;
- la fabrication et l'essai préliminaire de grands composants sodium: pompes, échangeurs et surtout générateurs de vapeur, pour lesquels beaucoup reste à faire;
- les essais de fiabilité de composants spécialisés: boucles, mécanismes de chargement, barres etc.... ou les essais sur maquette: hydraulique, thermique, résistance à l'explosion etc...

Il s'agit ci-dessus surtout de R & D industriel. Mais en parallèle, des travaux moins directement liés aux projets actuels mais à leurs successeurs se poursuivront également: optimisations, calculs neutroniques et simulations dans les expériences critiques, analyses de sécurité etc...

L'essentiel des travaux actuels contribuera directement au succès des "réalisations-témoins", qui seront suivies de plusieurs années de montée en puissance, essais d'endurance des premiers et seconds coeurs,

évaluation des performances etc... Normalement l'extrapolation des concepts des prototypes à des têtes de filière de 500-600 MWe ou à des premières centrales commerciales de plus grande taille devrait en découler en parallèle.

Malgré la place prépondérante des travaux de première génération dans les prochaines années, les travaux de "seconde génération" n'en seront pas mis en veilleuse pour autant. Ces derniers auront, au départ, un caractère plus "fondamental" en apparence: mise au point de combustibles améliorés, à taux de combustion plus élevé ou de performances supérieures carbures, nitrures etc...., recherche de nouveaux gainages, aiguilles à évent, amélioration du bilan neutronique du coeur, retraitement rapide etc.... Cependant, une notable partie de ces travaux portera aussi simplement sur l'amélioration des techniques existantes: perfectionnement des générateurs de vapeur ou autres composants, simplification des circuits, de l'engineering et de la manutention, augmentation éventuelle des températures de sortie etc... et restera proche des réalisations industrielles.

Par ailleurs les études de sous-filières de rechange, par exemple à réfrigération par gaz, se poursuivront aussi, en variante ou en contre-assurance. Comme l'avance technologique en est actuellement moins nette que pour la filière à réfrigérant sodium, que certains problèmes essentiels demeurent et que l'avantage technique ou économique reste à démontrer, il est peu vraisemblable que le volume des travaux et des crédits y devienne rapidement comparable à celui de la filière à réfrigérant sodium (à moins que cette dernière ne bute sévèrement sur des problèmes de générateur de vapeur). Normalement cet effort à plus long terme ne débouchera pas sur la réalisation de grands prototypes ou têtes de filière avant qu'un volume important de R & D et de mise au point (surtout des éléments de combustible) n'ait été effectué, et demeure assez conditionné par l'évolution commerciale des HTGR dans les années à venir. La réalisation d'un petit réacteur expérimental ou d'un réacteur d'essais spécialisé (ou l'adaptation de boucles du PEC à de tels essais) pourrait s'avérer nécessaire.

En résumé, le programme rapide aura trois grandes lignes directrices. Par ordre de priorité décroissante présumée:

- filière à réfrigérant sodium (et combustible oxyde) essentiellement avec deux sous-filières et leurs prototypes, débouchant à relativement court terme sur une amorce de commercialisation;
- extrapolation plus poussées de cette filière vers des concepts de "seconde génération" destiné à une commercialisation massive vers 1985-1990;
- variante à réfrigérant gaz, comme solution de rechange éventuelle.

Il est par contre peu vraisemblable que des innovations plus radicales: combustibles fluides, en lit ou non-gainés, très hautes températures et cycle direct etc...soient d'application avant longtemps. De même n'accordera-t-on que peu d'importance immédiate au cycle au thorium.

IV. 2 Durée

Etant donné son importance et ses prolongements, le programme rapide est manifestement à long terme, sinon à très long terme. Les quelques cinq ou six années passées en régime d'associations n'étaient qu'une mise en route. Les cinq à venir verront surtout la première démonstration à échelle industrielle des concepts de "première génération", dont le début d'introduction commerciale en petit nombre d'unités n'interviendra pas avant une dizaine d'années. Les extrapolations de "seconde génération" sont encore plus lointaines.

Comme la rentabilité n'est pas proche, surtout pour les versions améliorées destinées à une commercialisation massive, il faut s'attendre à la nécessité d'un soutien prolongé par les pouvoirs publics.

C'est d'ailleurs dans un souci de meilleure rentabilité et de réadaptation continue des programmes qu'une concertation des efforts est proposée dans ce qui suit.

IV.3. Proposition d'action

IV.3.1. Motivation de la proposition.

Le but de la Commission demeure de promouvoir une commercialisation communautaire de la filière le plus rapidement et le plus efficacement possible et d'encourager par là même des regroupements industriels durables entre constructeurs des six pays ainsi qu'une concertation des investissements nucléaires.

Compte tenu des clivages actuels, de l'autonomie de fait de chacun des trois programmes de la communauté et des montages industriels particularisés correspondants déjà mis en place, il apparaît d'évidence que ces objectifs de la Commission ne pourront être atteints que progressivement et que la difficulté majeure de toute solution communautaire réside dans l'acceptation initiale d'un certain degré de concertation et de complémentarité. Il importe par ailleurs d'éviter désormais les préalables laborieux, et donc d'entamer la coopération dans les secteurs où elle est le plus facilement acceptable dans l'immédiat, pour en reporter le plein élargissement au secteur industriel au stade futur des réalisations avancées et des centrales commerciales.

C'est pourquoi :

- dans l'immédiat, la concertation des travaux et la suppression progressive des doubles emplois résultant des parallélismes actuels porteraient sur les programmes de R & D d'intérêt général. Ces derniers ont l'avantage de ne soulever que relativement peu de problèmes de propriété ou de politique industrielle, si bien qu'une rationalisation des travaux et un libre échange des informations y seraient rapidement réalisables. Ils reçoivent la fraction la plus significative des effectifs et crédits de la filière, de sorte que toute rationalisation et complémentarité effectives y permettraient soit un intéressant élargissement du champ des activités, soit des économies appréciables. Enfin, étant surtout orientés vers l'amélioration des solutions actuelles et la mise au point de solutions plus avancées, ils préfigurent l'avenir de la filière. Une coopération entamée dans le secteur du R & D pourrait s'étendre naturellement et progressivement au secteur industriel par le biais des réali-

sations futures : tête de filière, premiers réacteurs de "seconde génération", grandes installations en appui, etc... qui concrétiseront les avances de ces programmes R & D.

- en effet, contrairement aux réalisations-témoin actuelles, ces grandes réalisations futures offrent encore une perspective de coopération scientifique et industrielle communautaire effective, durable et susceptible de vastes débouchés, mais les premières réalisations correspondantes n'interviendront évidemment pas à très bref délai. Par ailleurs la réalisation d'une "tête de filière" de "première génération" unique et communautaire faisant suite aux prototypes PHENIX et SNR ne peut être retenue que comme objectif indicatif. En effet, une convergence sur une solution unique ne pourrait résulter que d'un choix commun délibéré, a priori, soit de l'expérience opérationnelle des prototypes et à supposer que l'une des versions s'avère nettement meilleure

De nombreux problèmes de choix se poseront donc à l'avenir, tant pour les successeurs des prototypes actuels que pour les concepts de "seconde génération" à retenir et porter à commercialisation ou les nouveaux engins d'essai éventuellement nécessaires. C'est en vue de permettre des comparaisons objectives et des choix fondés que la Commission propose de lancer au plus tôt une série d'études et évaluations de concepts conjointes. Ces évaluations feraient appel simultanément aux spécialistes des centres nucléaires et des groupements industriels des six pays, par le biais d'équipes mixtes. Leurs conclusions permettraient d'orienter au mieux les programmes de R & D et de cristalliser les options industrielles. Les liens ainsi établis entre firmes devraient se maintenir et se renforcer lorsque l'on passerait aux réalisations correspondantes retenues de concert.

- En ce qui concerne les réalisations-témoins actuelles : PHENIX, SNR et PEC, les montages industriels sont désormais en place; la construction a débuté ou va débuter et il serait illusoire de vouloir remettre en cause les schémas opérationnels laborieusement acquis pour les rendre intégralement communautaires. Il convient plutôt de tirer le meilleur parti de la situation existante, en permettant à chaque prototype de jouer le rôle de

contre-garantie pour l'autre et en garantissant au PEC - outil d'utilité communautaire - un plein emploi durable de ses capacités d'irradiation.

Compte-tenu de l'évolution probable et des perspectives à terme de la filière, il importe en effet de ne pas surévaluer l'importance de ces premières réalisations ou d'en faire la clef de tout développement futur. Ces réalisations ne correspondent qu'à une toute première étape, et leur véritable fonction sera plutôt d'avoir permis aux intéressés de faire la preuve de leurs capacités techniques et de pouvoir s'entendre pour la suite sur des bases égalitaires ou équitables.

IV.3.2. Proposition

La proposition de la Commission porte donc de manière différenciée sur :

- les programmes de R & D d'intérêt général, à exécuter dans le CCR et les Centres nationaux. Les programmes nationaux actuels seraient coordonnés et rationalisés, pour aboutir à un véritable programme conjoint.
- les études et évaluations de concepts, destinées à mieux orienter les programmes de R & D, à préparer les réalisations futures et à stimuler la coopération industrielle communautaire.
- les liens à établir entre réalisations-témoin de "première génération" et avec les activités qui précèdent.

Cette proposition s'articule de la manière suivante :

A) Action commune

a.1) Travaux des établissements du CCR

Il s'agit de travaux en appui, à exécuter dans les établissements du CCR (Transuraniens et Ispra), faisant appel à des compétences établies et ne faisant pas double emploi avec les travaux actuellement menés dans les centres nationaux. Ces travaux devraient s'inscrire logiquement dans le contexte du programme coordonné de R & D d'intérêt général mentionné ci-après sous B.

- a.1.1) Les activités proposées pour l'établissement des Transuraniens sont décrites à la fiche II.5.. L'effectif correspondant est de l'ordre de 200 agents.
- a.1.2) Les activités proposées pour l'établissement d'Ispira sont décrites plus en détail à l'Annexe B de ce chapitre. L'effectif correspondant est de 109 agents.

Ces activités proposées ont été choisies après consultation des milieux intéressés et ne font pas double-emploi ; leur exécution par le CCR avec mise à disposition non-restreinte des informations éviterait la nécessité d'une répétition.

Certains travaux sont déjà en cours, d'autres font appel à des compétences acquises lors de l'étude d'autres filières.

Les sujets retenus sont les suivants :

- problèmes thermiques spéciaux liés à l'emploi du sodium (ébullition et contact direct) ;
- problèmes de retraitement du combustible irradié (dégainage et sels fondus) ;
- problèmes liés à la physique des réacteurs (calculs et codes, sections efficaces intégrales) ;
- problèmes de matériaux (diffusion du Pu) ;
- problèmes liés aux éléments de combustible (vibrations, vitesse locale).

a.2) Synthèse et évaluation de la filière.

Il s'agit d'une équipe de coordination et synthèse dont l'effectif serait de l'ordre de 20 agents. Cette équipe se tiendrait constamment au courant de l'état d'avancement et du détail des travaux menés dans la communauté. Elle maintiendrait une liaison entre équipes et assurerait une diffusion rapide et une synthèse des informations communicables.

Elle assisterait le Comité responsable du programme coordonné (cité en B ci-dessous), et les équipes chargées des études et évaluation de concepts (a.4. ci-dessous).

a.3) Personnel détaché.

La contribution du personnel à la disposition des anciennes associations s'est avérée très valable et il convient donc de maintenir le principe de cette forme de participation communautaire aux divers programmes "rapides". Il conviendrait également de l'étendre effectivement aux programmes italien, belge et néerlandais. (Ces agents en position de détachement participeraient donc directement au programme coordonné de R & D d'intérêt général en B ci-dessous). Des détachements dans les équipes de projet ou auprès des industries intéressées seraient également souhaitables. Il est prévu un effectif total de 46 agents.

a.4) Etudes et évaluations de concepts.

Il s'agit d'évaluations, ou d'études comparatives, portant sur la faisabilité, le potentiel de compétitivité, la sécurité etc.... des diverses solutions en présence, ou proposées en alternative, et non d'avant-projets détaillés ou de dossiers complets de remise de prix.

Ces études, à orientation industrielle, devraient être menées par des équipes mixtes composées de représentants des Centres et des industries intéressées des six pays. Pour laisser aux industries la liberté de choix de leurs partenaires, plusieurs équipes pourraient au besoin être mises en concurrence sur une même étude.

Dans l'immédiat, ces études feraient nécessairement appel aux spécialistes des Centres et des groupements industriels chargés de la construction des prototypes et du PEC, et les travaux pourraient par exemple porter sur l'extrapolation à une tête de filière de 600 MWe des variantes PHENIX et SNR, la comparaison détaillée des difficultés de construction et perspectives économiques correspondantes et éventuellement la recherche d'un objectif industriel commun au stade des "têtes de filière" de "première génération". Par la suite, on s'intéresserait sans doute plus aux variantes avancées :

combustible carbure ou à évent, réfrigération par gaz, etc.... et à la sélection éventuelle et première étude des nouveaux engins d'essai nécessaires; une participation industrielle plus diversifiée serait alors concevable et souhaitable.

Ces travaux seraient menés en étroite liaison avec les responsables du programme coordonné de R & D, en particulier avec le Comité constitué pour ce programme. Il serait nécessaire, dans leur exécution, de préserver les droits de propriété industrielle des innovateurs éventuels. Pour leur évaluation a posteriori, les dossiers soumis pourraient faire l'objet d'une évaluation conjointe par toutes les parties intéressées.

B) Coordination des programmes de R & D d'intérêt général

A l'heure actuelle, tout le R & D d'intérêt général de la filière est financé par les gouvernements et exécuté quasi intégralement dans les centres nationaux. Cet état de choses persistera encore longtemps, car il ne faut pas s'attendre dans ce secteur à une "relève" par les groupements industriels intéressés tant que la filière ne sera pas largement commercialisée.

Une concertation, suivie de rationalisation, des trois programmes nationaux de R & D d'intérêt général est réalisable à bref délai. Sa mise en oeuvre dépend intégralement de la volonté politique des gouvernements bailleurs de fonds et tuteurs des centres nationaux.

La Commission propose que toutes les parties intéressées et principalement les gouvernements prennent l'engagement de faciliter une confrontation permanente de l'ensemble des programmes prévus et/ou en cours dans les Etats membres, d'échanger tous les résultats obtenus et de s'assurer entre eux d'un accès complet et réciproque à tous les engins d'essai existants de même que d'un échange approprié de personnel.

L'intégration des programmes actuels en un programme coordonné en implique une évaluation objective, afin d'en éliminer les doubles emplois inutiles et d'assurer l'utilisation optimale des moyens disponibles. A cette fin, la Commission propose la constitution d'un Comité composé de représentants des parties intéressées, chaque partie ayant des droits de vote proportionnels à sa contribution financière au programme coordonné.

Le Comité serait chargé de la rationalisation du programme coordonné, tant dans son exécution que dans sa conception et de l'élaboration des critères permettant d'aboutir à la réalisation d'un objectif industriel commun, au stade des têtes de filiale mentionné en § C du chapitre 2. A ce dernier titre, le Comité serait étroitement associé à la définition des objectifs, des études et évaluations de concepts mentionnés sous a.4 ci-dessus.

Le Comité serait assisté par un secrétariat permanent assuré par les services de la Commission, et chargé par ailleurs de la transmission rapide des informations et résultats des recherches entre tous les participants.

Statuant, sur proposition de la Commission, le Comité reconnaîtrait l'existence des doubles emplois inutiles et déterminerait le coût de chacun d'eux.

Le Comité ferait des recommandations sur le meilleur usage à faire des économies qui résulteraient de l'harmonisation des programmes et de l'élimination de doubles emplois, en vue d'accélérer ou d'élargir le programme.

La Commission se réserve de proposer au Conseil la mise en œuvre des moyens financiers communs destinés à renforcer l'efficacité de son action de coordination.

C) Réalisations-témoin de "première génération"

Compte tenu de l'état d'avancement des travaux et des structures mises en place, ces réalisations-témoin : PHENIX, SNR et PEC ne sont plus à même de servir d'instrument à une première tentative de regroupement industriel communautaire à six. Néanmoins une coopération entre équipes et entreprises chargées de leur réalisation et exploitation demeure concevable, à titre de contre-garantie et pour faciliter la recherche d'objectifs communs ultérieurs (a.4. ci-dessus) qui dériveraient de ces premières grandes réalisations.

La Commission préconise donc la recherche d'accords de coopération et échange entre promoteurs de ces réalisations-témoin, dans le respect de la propriété industrielle, et demande aux gouvernements bailleurs de fonds d'en favoriser la conclusion.

Les engagements à prendre pourraient en particulier porter sur :

- une consultation fréquente et réciproque
- l'échange rapide de toutes les informations communicables, la connaissance de l'état d'avancement des travaux etc..
- les possibilités d'expérimentations conjointes : irradiations, utilisation des boucles et installations existantes etc...
- l'intérêt d'une diversification ou standardisation des solutions, et la possibilité de commandes groupées ou croisées
- l'assistance au démarrage, l'échange de personnel, et la comparaison des résultats et expérience de l'exploitation
- l'irradiation, dans chaque prototype, d'éléments de combustible caractéristiques de l'autre, comme contre-garantie
- la mise à disposition du programme coordonné de R & D de toutes les informations de nature générale, et la participation aux évaluations de a.4 ci dessus etc...

Ces accords de coopération devraient également porter sur les stations d'essais de grands composants en construction ou en projet, et qui viennent en appui direct des réalisations-témoin.

Par ailleurs l'utilisation du PEC comme engin d'irradiation d'utilité communautaire, et par suite la définition des boucles d'essai à y installer, de même que l'utilisation de Rapsodie et KNK II comme engins d'irradiation de combustibles avancés devraient s'effectuer dans le cadre du programme coordonné.

Le recours au mécanisme de l'entreprise commune pourrait être de nature à faciliter la réalisation concrète des engagements indiqués ci-dessus.

- - - - -

V. Evaluation des besoins financiers de la Communauté pour la période
1970-1974

A - ACTION COMMUNE

1. Travaux des établissements du CCR - Ispra (109 agents)	9,5	Muc
p.m. - Transuraniens (200 agents - voir fiche II, 5)	23	Muc
2. Personnel de synthèse et évaluation de la filière effectif de 20 personnes	1,40	Muc
3. Personnel détaché: 46 agents en moyenne	3,1	Muc
4. Etudes et évaluation de concepts (total des coûts prévus actuelle- ment dans les 3 programmes)	15	Muc
Total	29	Muc

B - PROGRAMME COORDONNE.....p.m.

C - REALISATIONS-TEMOIN DE 1e GENERATION..... non prévu

ANNEXE "REACTEURS RAPIDES"

SOMMAIRE DES ACTIVITES DE RECHERCHE "REACTEURS RAPIDES"

A) Ensemble des activités

- Colonne I. Recherche fondamentale sans application industrielle;
Colonne II. Recherche appliquée en vue d'une application industrielle à moyen ou long terme.

- Notes: 1) les indications reportées ci-dessous ont été fournies par les différents responsables d'activité - La distinction entre colonnes I et II n'a pas été traitée de façon entièrement homogène. Il est préférable de considérer les colonnes I et II comme un tout couvrant les recherches à caractère général.
- 2) L'indication "non cité" n'implique pas une absence d'activités dans le domaine correspondant - Elle traduit le fait que l'activité correspondante a un caractère déjà industriel.
- 3) L'indication "E" correspond aux propositions de programme des Etablissements du CCR, exposées ci-joint.
- 4) Liste des symboles: *: Allemagne et pays du Bénélux, O:France, +:Italie, E:Euratom.(proposition).

ACTIONS

I. PHYSIQUE

- Données de base
- Méthodes de calcul
- Expériences intégrales
- Expérience de nature fondamentale
- Simulation de coeurs particuliers
- Instruments de mesure

I	II
*+OE	
*+OE	*
*+OE	
	*O
*+OE	

	I	II	Remarques
II. <u>ELEMENTS DE COMBUSTIBLE ET ASSEMBLAGES</u>			
- Caractéristiques fondamentales et comportement des combustibles et matériaux	*+OE	0	
- R + D, mise au point de solutions d'applicabilité immédiate (oxyde)	non cité		contient néanmoins un peu de * sur la théorie du dessin de crayons de combustible (II)
- R + D, mise au point de solutions plus avancées	*+OE	*+0	
III. <u>FABRICATION DE COMBUSTIBLES</u>			
- Méthodes d'applicabilité immédiate	non cité		
- Méthodes avancées	non cité		contient néanmoins un peu de + sur le combustible à évent
IV. <u>MANUTENTION HORS-PILE ET RETRAITEMENT DE COMBUSTIBLES</u>			
- Méthodes d'applicabilité immédiate (v. aq.)		*+(0)	le retraitement des combustibles de réacteurs rapides n'a pas été spécifiquement cité par le CEA
- Méthodes avancées	E	*+(0)	
V. <u>SECURITE</u>			
- Travaux théoriques et expérimentaux (ébullition du réfrigérant, rétention de l'iode, réaction Na-eau, détérioration accidentelle du combustible et propagation, etc..)	*+OE	*+0	
- Etude d'accidents, méthodes de calcul et simulation expérimentale (y inc. SEFOR)	O E	* +	
- Evaluations et rapports de sûreté Analyse théorique et méthodes de calcul	non cité		
- Analyse et simulation de projets particuliers	non cité		

B) Participation de l'établissement d'Ispra au programme Réacteurs Rapides

L'établissement d'Ispra a développé, depuis plusieurs années, une compétence particulière dans des domaines intéressant directement les réacteurs rapides, et principalement :

- les problèmes thermiques spéciaux, liés à l'emploi du sodium;
- le développement de procédés pyrométallurgiques liés au retraitement des combustibles irradiés;
- certains problèmes de physique et de calcul de réacteurs.

En ce qui concerne les travaux relatifs à l'ébullition du sodium, un groupe de travail international a été organisé avec l'aide d'Ispra, où les programmes et les résultats de tous les laboratoires intéressés dans la Communauté et à l'extérieur (U.S.A., U.K., Japon) sont discutés régulièrement.

Les travaux sur le retraitement des combustibles irradiés sont menés en collaboration étroite, en particulier avec ceux effectués au C.E.N. à Mol.

Dans le cas de la physique des réacteurs, de nombreux contacts existent entre Ispra et le C.N.E.N., ainsi qu'avec la G.f.K.

Enfin, le C.N.E.N., la BELGONUCLEAIRE et SIEMENS ont marqué un intérêt considérable aux problèmes spécifiques de dessin thermique des éléments combustibles.

De plus, certaines activités exercées à Ispra dans le contexte d'autres filières, ont formé des compétences qui peuvent être utilisées avec profit pour le développement des réacteurs rapides.

Les propositions de travaux sont brièvement exposées ci-après:

1) Problèmes thermiques spéciaux, liés à l'emploi du sodium

En ce qui concerne la surchauffe, l'effort principal portera sur les effets des impuretés sur l'ébullition et les moyens de prévention de surchauffes.

La vidange de canal est assez bien connue actuellement pour des géométries simples, mais, pour les géométries compliquées, nombre d'informations manquent et l'on étudiera particulièrement la vidange dans les éléments combustibles en forme de grappes.

Les effets de condensation sont mal connus et les méthodes de détection de la surchauffe en sont encore à un stade rudimentaire. Un effort important dans ce domaine sera effectué, pour lequel on développera une instrumentation spéciale.

Le transfert rapide d'énergie thermique entre combustible et réfrigérant, consécutif à un contact direct entre combustible fondu et sodium, provoque la vaporisation instantanée du réfrigérant. Cette vaporisation, ainsi que la condensation des vapeurs produisent des ondes de pression qui peuvent conduire à la destruction des structures internes du réacteur. Ispra, qui dispose d'une installation pour reproduire le contact direct entre combustible chauffé jusqu'à 3000° C et réfrigérant, ainsi que de l'instrumentation complémentaire, peut entreprendre l'étude détaillée de ces phénomènes, et apporter ainsi une contribution majeure à la résolution des problèmes liés à une excursion de puissance.

2) Problèmes de retraitement des combustibles irradiés

Le retraitement des combustibles irradiés des réacteurs rapides pose des problèmes nouveaux dus en particulier aux taux de combustion très élevés prévus pour ces combustibles, ainsi qu'à la complexité de la structure de leurs éléments. Afin de faciliter ce retraitement, deux procédés originaux ont été développés à Ispra :

- le procédé SOLINOX, procédé de dégainage du combustible par dissolution sélective de la gaine en bain de métaux fondus;

- le procédé SALTEX, procédé de séparation rapide du plutonium, de l'uranium et d'une partie des produits de fission par une réaction simple de précipitation en milieu de sels fondus.

Les procédés ont été brevetés et plusieurs firmes industrielles sont intéressées à la poursuite des travaux. Il est cependant nécessaire, avant de décider la construction d'une installation pilote, qu'Ispra continue le développement et améliore différentes étapes des procédés.

3) Problèmes liés à la physique des réacteurs

L'activité d'Ispra en physique des réacteurs a été centrée principalement dans le passé sur les réacteurs thermiques; un travail relativement important a été réalisé pour les réacteurs rapides, soit comme support à des projets spécifiques (SORA, PEC), soit comme activité de base dans le développement des méthodes de calcul et des méthodes de mesures dans les spectres neutroniques types de réacteurs rapides.

Il est proposé notamment d'approfondir les points suivants :

- mise au point de méthodes de calculs et de codes, en particulier de la méthode de Monte Carlo;
- problèmes de sécurité - Analyse détaillée de l'accident maximum;
- calculs, et obtention de données de blindage avec EURACOS;
- évaluation, mesures et calculs de sections efficaces intégrales, pour lesquelles existe un besoin évident dans la Communauté, malgré le nombre d'installations consacrées en principe à ce secteur (ERMINE, STARK, STEK,). En effet, aucune de ces installations n'a été conçue et n'est employée pour la mesure de sections intégrales parfaitement "propres" et utilisables pour l'ensemble de la filière des réacteurs rapides. Une étude débiterait immédiatement avec les utilisateurs du RB-2 de Bologne. Cette étude aurait comme objet l'évaluation précise des besoins de données et des méthodes d'obtention utilisées

ou utilisables (y compris le réacteur RB-2) et une recommandation précisée sur leur emploi ou sur la nécessité d'une nouvelle installation.

4) Problèmes de matériaux

Les activités à Ispra se concentreront sur la diffusion du plutonium dans les céramiques mixtes, étude entreprise depuis plusieurs années et qui a montré que la stoechiométrie des composés avait une influence très marquée sur la valeur des coefficients de diffusion.

On travaillera avec des concentrations en plutonium représentatives de la filière des réacteurs rapides.

5) Problèmes liés aux éléments de combustible

Il s'agit ici d'appliquer au cas des réacteurs rapides les connaissances acquises pour d'autres filières, et ayant trait aux questions de distribution de vitesses et à la cause des points chauds dans la gaine, aux phénomènes thermiques anormaux dus aux tolérances de montage et de fabrication, etc...

En plus, on propose d'étudier les vibrations dues à l'écoulement du fluide caloporteur.

Un large intérêt a été rencontré pour ces propositions et l'on peut envisager la création d'un groupe de travail européen consacré au développement de l'élément combustible.

6) Support en chimie analytique

La plupart des travaux cités plus haut nécessitent un support de chimie analytique, notamment pour la détermination des impuretés dans le sodium et le contrôle des études de retraitement.

7) Personnel et moyens nécessaires

Le moyens nécessaires sont estimés à 9,5 Muc en 5 ans. Ceci comprend 109 agents de toutes catégories affectés aux 6 points du programme, ainsi qu'une somme de 0,8 Muc destinée notamment, au cours des années à venir, à la construction de petites boucles et à la location de matières fissiles nécessaires à la détermination de sections efficaces intégrales "propres".

La répartition des agents est la suivante :

a) Problèmes spéciaux, liés à l'emploi du sodium	47
b) Problèmes de retraitement des combustibles irradiés	15
c) Problèmes liés à la physique des réacteurs	28
d) Problèmes de matériaux	3
e) Problèmes liés aux éléments de combustible	8
f) Support en chimie analytique	8
	<hr/>
	Total
	109
	=====

- - - - -

On prévoit en outre d'établir à Ispra des bureaux de documentation, dont deux seraient aussi d'intérêt pour les réacteurs rapides. Ces bureaux, dont on trouvera la description dans une autre partie du programme d'Ispra, sont le Centre "INDAC" pour les données nucléaires à partir de mesures intégrales et l'E.S.I.S. (European Shielding Information Service), pour lequel les centres nationaux et l'industrie ont récemment marqué un grand intérêt.